



Estación Experimental Santa Catalina Economía Agrícola y Cambio Climático

Informe Anual 2019



**Mejía – Pichincha – Ecuador
Enero / 2020**

INFORME 2019

- 1. Programa o Departamento:** Economía Agrícola y Cambio Climático
- 2. Director de la Estación Experimental:** Luis Fernando Rodríguez
- 3. Responsable Programa o Departamento en la Estación Experimental:** Víctor Hugo Barrera
- 4. Equipo técnico multidisciplinario I+D (Personal del proyecto):** Luis Escudero, Juan Carlos Arévalo, Yamil Cartagena, Tania Guanín, César García, Rafael Parra, Aníbal Martínez, Rosendo Jácome, Jorge Coronel, Miguel Guamán, Maximiliano Ochoa, Juan Pablo Garzón, Hernán Lucero, Teresa Casanova, Luis Plaza, Geover Peña, Johan Párraga, Gastón Loor, Fanny Zambrano, Omar Tarqui, Gladys Rodríguez, Marilú Valverde, Johana Allauca, Jeffrey Alwang, Jorge Delgado.
- 5. Financiamiento:** Gasto Corriente Estaciones Experimentales Santa Catalina, Pichilingue y Del Austro; Cooperación Internacional ARS-USDA-Virginia Tech; Cooperación Internacional Virginia-Tech.
- 6. Proyectos:** Proyectos de agricultura de conservación en Chimborazo y Cañar, se ejecutan con Gasto Corriente de las Estaciones Experimentales Santa Catalina y Del Austro del INIAP, ARS-USDA-Virginia Tech, y National Institute of Food and Agriculture (NIFA)-Virginia Tech, con un presupuesto de USD 25000 para el año 2019; este proyecto se ejecuta desde el año 2015 y se termina en 2023. Estudios socio-económicos sobre la cadena de valor de cacao en la provincia de Manabí, sistemas de producción de Galápagos, cambio climático en el sistema papa-pastos-leche en la provincia de Carchi, optimización económica de los sistemas de producción de mora en el cantón Sigchos-Cotopaxi, y determinación de los principales factores que afectan la productividad de los sistemas de producción de mora de la provincia de Tungurahua, fueron financiados con Gasto Corriente de la Estaciones Experimentales Santa Catalina, Pichilingue y el Centro de Bioconocimiento de Galápagos, con un presupuesto de USD 40000 para el año 2019; estos proyectos se ejecutan desde el año 2017 hasta 2019. Proyecto Building Analytical and Global Competencies through Agricultural Research Internships in Ecuador, se ejecuta con financiamiento del National Institute of Food and Agriculture (NIFA)-Virginia Tech, con un presupuesto de USD 25000 para el año 2019; este proyecto se ejecuta desde enero 2019 y se termina en diciembre de 2023.
- 7. Socios estratégicos para investigación:** Instituto Politécnico de Virginia (Virginia Tech), Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-ARS), Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Universidad de Cuenca (UC), Western Illinois University.
- 8. Publicaciones:**

BARRERA, V.; DELGADO, J.; ALWANG, J.; ESCUDERO, L.; CARTAGENA, Y.; DOMÍNGUEZ, J.; D'ADAMO, R. 2019. *Conservation Agriculture Increases Yields and Economic Returns of Potato, Forage, and Grain Systems of the Andes*. Published in *Agron. J.* 111:2747–2753 (2019) doi:10.2134/agronj2019.04.0280.

DELGADO, J.; BARRERA, V.; ESCUDERO, L.; CARTAGENA, Y.; ALWANG, J.; STEHOUWER, R.; ARÉVALO, J.; D'ADAMO, R.; DOMÍNGUEZ, J.; VALVERDE, F.; ALVARADO, S. 2019. *Conservation Agriculture Increases Profits in an Andean Region of South America*. *Agrosystems, Geosciences & Environment*. Doi:10.2134/age2018.10.0050.

ALWANG, J.; BARRERA, V.; ANDRANGO, G.; DOMÍNGUEZ, J.; ESCUDERO, L.; MARTÍNEZ, A.; MONTÚFAR, C. 2019. *Value-Chains in the Andes: Upgrading for Ecuador's Blackberry Producers*. *Journal of Agricultural Economics*. DOI:10.1111/1477-9552.12329.

BARRERA, V.; VALVERDE, M.; ESCUDERO, L.; ALLAUCA, J. 2019. *Productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria de las islas Galápagos-Ecuador*. Libro Técnico No. 174. ARCOIRIS Producción Gráfica. Quito, Ecuador. 228 pp.

BARRERA, V.; ALWANG, J.; CASANOVA, T.; DOMÍNGUEZ, J.; ESCUDERO, L.; LOOR, G.; PEÑA, G.; PÁRRAGA, J.; ARÉVALO, J.; QUIROZ, J.; TARQUI, O.; PLAZA, L.; SOTOMAYOR, I.; ZAMBRANO, F.; RODRÍGUEZ, G.; GARCÍA, C.; RACINES, M. (2019). *La cadena de valor del cacao y el bienestar de los productores en la provincia de Manabí-Ecuador*. INIAP. Libro Técnico No. 171. ARCOIRIS Producciones Gráficas. Quito, Ecuador. 204 pp.

9. Participación en eventos de difusión científica, técnica o de difusión: Citados así:

Víctor Barrera y Luis Escudero participaron en la Pre defensa de tesis de Maestría de la Econ. Alexandra Ormaza, cuyo tema fue "Optimización económica para el mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los productores de mora en la provincia de Cotopaxi", realizado en el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, el 26 de noviembre de 2019.

Luis Escudero participó en taller de trabajo para revisar el documento de la posición país sector Agricultura COP25 –UNFCCC, organizado por la Coordinación General de Planificación Estratégica del Ministerio de Agricultura y Ganadería en la ciudad de Quito, el 25 noviembre de 2019.

Víctor Barrera participó en el evento "Los sistemas de producción agropecuaria de las islas Galápagos-Ecuador", organizada por el INIAP, con la conferencia denominada "Cómo mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria de las islas Galápagos-Ecuador", y realizada en la ciudad de San Cristóbal-Ecuador el 21 de noviembre de 2019.

Víctor Barrera y Luis Escudero participaron en la Pre defensa de tesis de Maestría de la Ing. Mercy Villares, cuyo tema fue "Principales determinantes y estrategias que promueven la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua-Ecuador en el período 2015-2016", realizado en el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, el 5 de noviembre de 2019.

Víctor Barrera participó en el taller "Validación de metodologías para el diseño del Plan para la Implementación de la NDC", organizado por el MAE-PNUD y realizado en la ciudad de Quito-Ecuador el 15 de agosto de 2019.

Víctor Barrera participó en el taller "Compromiso climático del Ecuador, Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC)", organizado por el MAE-PNUD y realizado en la ciudad de Quito-Ecuador el 26 de julio de 2019.

Graciela Andrango participó en el evento "AAEA Annual Meeting 2019", organizado por la Agricultural & Applied Economics Association, con la conferencia denominada "Adaptation to climate change: A case study of potato producers from Ecuador", y realizada en la ciudad de Atlanta-EEUU el 23 de julio de 2019.

Alexis Villacís participó en el evento "AAEA Annual Meeting 2019", organizado por la Agricultural & Applied Economics Association, con la conferencia denominada "Specialty Varieties, Post-Harvest Practices, and Cocoa Prices in Ecuador", y realizada en la ciudad de Atlanta-EEUU el 21 de julio de 2019.

Víctor Barrera participó en el "1er Simposio Internacional sobre innovaciones tecnológicas para fortalecer la cadena de cacao en la Amazonía ecuatoriana", organizado por el INIAP y la UEA, con la conferencia magistral denominada "La cadena de valor del cacao y el impacto en los precios recibidos: El caso de la provincia de Manabí-Ecuador", y realizado en la ciudad de La Joya de los Sachas-Ecuador del 10 al 11 de julio de 2019.

Víctor Barrera y Luis Escudero participaron en el Comité de Publicaciones del libro "Productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria de las islas Galápagos-Ecuador ", realizado en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en la ciudad de Quito, el 21 de junio de 2019.

Víctor Barrera participó en el "Ciclo de conferencias sobre Agricultura y Cambio Climático" organizado por la ESPOCH, con la conferencia magistral denominada "*Manejo de recursos naturales como mecanismo de adaptación al cambio climático: El caso de la Región Andina de Ecuador*", y realizado en la ciudad de Riobamba-Ecuador el 19 de junio de 2019.

Víctor Barrera participó en las "Jornadas de Ciencia y Tecnología", organizadas por el INIAP y KOPIA, con la conferencia denominada "*Manejo de recursos naturales como mecanismo de adaptación al cambio climático: El caso de la Región Andina de Ecuador*", y realizadas en la ciudad de Quito-Ecuador del 12 al 13 de junio de 2019.

Víctor Barrera participó en la presentación del libro "La cadena de valor del cacao y el bienestar de los productores en la provincia de Manabí-Ecuador", organizada por el INIAP, con la conferencia denominada "La cadena de valor del cacao y el bienestar de los productores en la provincia de Manabí-Ecuador", y realizada en la ciudad de Guayaquil-Ecuador el 06 de junio de 2019.

Víctor Barrera y Luis Escudero participaron en la presentación del libro "La cadena de valor del cacao y el bienestar de los productores en la provincia de Manabí-Ecuador", organizada por el INIAP y realizada en la ciudad de Calceta-Ecuador el 30 de mayo de 2019.

Luis Escudero participó en el taller de trabajo para conocer sobre la "Evaluación Nacional de la Degradación de la Tierra Mediante la metodología LADA-WOCAT", organizado por el Ministerio del Ambiente y la FAO en la ciudad de Quito, el 15 mayo de 2019.

Víctor Barrera participó en las "Jornadas Académicas UTMACH 2019", organizadas por la UTAMACH, con la conferencia denominada "*Bioconocimiento y recursos naturales sostenibles: El caso de la subcuenca del río Chimbo-Ecuador*", y realizadas en la ciudad de Machala-Ecuador del 09 al 10 de abril de 2019.

Víctor Barrera y Luis Escudero participaron en el Comité de Publicaciones del libro "La cadena de valor del cacao y el bienestar de los productores en la provincia de Manabí-Ecuador", realizado en la Estación Experimental Pichilingue del INIAP en la ciudad de Quevedo, el 13 de febrero de 2019.

10. Propuestas presentadas:

Propuesta 1.

Título: Adaptation strategies to increase the resilience to climate change in vulnerable socio-ecosystems of high mountain, tropical dry forest and savannas of Colombia, Ecuador and Honduras.

Tipo propuesta: Proyecto.

Fondos o Convocatoria: INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE (IKI).

Fecha presentación: 18 de julio de 2019.

Responsables: Víctor Hugo Barrera Mosquera, Alvaro Monteros y Elena Villacrés.

Equipo multidisciplinario: Están involucrados investigadores de varias instituciones de investigación y educación de Ecuador, Colombia y Honduras. Este proyecto lo está liderando la Dra. Martha Bolaños de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Presupuesto: EUROS 25418912 (Veinte y cinco millones cuatrociento dieciocho mil novecientos doce euros).

Duración proyecto: 7 años.

Estado: En evaluación.

Fecha probable inicio ejecución: 30 de julio de 2020.

Propuesta 2.

Título: Re-territorialización de las prácticas locales agro-alimentarias en áreas semiurbanas del cantón Cuenca.

Tipo propuesta: Proyecto.

Fondos o Convocatoria: Universidad de Cuenca.

Fecha presentación: 15 de marzo de 2019.

Responsable: Víctor Hugo Barrera Mosquera.

Equipo multidisciplinario: Profesores de la Universidad de Cuenca y de varias Universidades de Europa. El Director del Proyecto es el Dr. Raúl Vanegas de la Universidad de Cuenca.

Presupuesto: USD 140985 (Ciento cuarenta mil novecientos ochenta y cinco dólares).

Duración proyecto: 24 meses.

Estado: Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución: 2 de enero de 2020.

Propuesta 3.

Título: Fortalecimiento de la investigación para mejorar la productividad y calidad de la naranjilla y tomate de árbol en el Ecuador.

Tipo propuesta: Proyecto.

Fondos o Convocatoria: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

Fecha presentación: 15 de mayo de 2019.

Responsable: Víctor Hugo Barrera Mosquera.

Equipo multidisciplinario: Colegas del Programa Nacional de Fruticultura, Departamento Nacional de Biotecnología, Departamento Nacional de Protección Vegetal; Departamento de Nutrición y Calidad. El responsable del proyecto es el Ing. William Viera, MSc.

Presupuesto: USD 322500 (Trescientos veinte y dos mil quinientos dólares).

Duración proyecto: 24 meses.

Estado: Aprobado.

Fecha probable inicio ejecución: enero de 2020.

Propuesta 4.

Título: "AccelNet: Development of an International Network of Networks for Improved Management of Agricultural Systems".

Tipo propuesta: Proyecto.

Fondos o Convocatoria: National Science Foundation of USA.

Fecha presentación: 28 de febrero de 2019.

Responsable: Víctor Hugo Barrera Mosquera.

Equipo multidisciplinario: Investigadores de varias universidades americanas, el ARS-USDA, y varios Institutos de Investigaciones Agropecuarias. El responsable del proyecto es el Dr. Jorge Delgado del ARS-USDA de Forst Collins.

Presupuesto: USD 750000 (Setecientos cincuenta mil dólares).

Duración proyecto: 36 meses.

Estado: Negado.

Fecha probable inicio ejecución:

11. Hitos/Actividades por proyecto establecidas en el POA:

- H1: Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Sicalpa.
- H2: Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la cuenca alta del río Paute.
- H3: Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Blanco.
- H4: Optimización económica como estrategia para mejorar la productividad de los sistemas de producción de mora de la provincia de Bolívar.
- H5: Determinación de los factores que influyen en la decisión de producir, comercializar e industrializar el cacao (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de Manabí-Ecuador.
- H6: Determinación de los factores que influyen en la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción prevalentes en la provincia de Galápagos-Ecuador.
- H7: Optimización económica de los sistemas de producción de mora del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, para mejorar su productividad y sostenibilidad.
- H8: Principales determinantes y estrategias que promueven la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua-Ecuador.
- H9: Building Analytical and Global Competencies through Agricultural Research Internships in Ecuador.

Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Sicalpa

1. ANTECEDENTES

Existen evidencias que señalan que una cuarta parte de la tierra del planeta presenta una tendencia extrema a la degradación o son tierras fuertemente degradadas (FAO, 2011). Según Gardi *et al.* (2014), más de la mitad de los 576 millones de hectáreas de las tierras cultivables de América Latina, particularmente el 45% en América del Sur, están afectadas por procesos de degradación debido a cambios en el uso del suelo, sobre explotación, el cambio climático y la inequidad social existente. Esto muestra la alta vulnerabilidad socio-económica y ambiental que existe en la región y que generalmente es más crítica para los pequeños y medianos productores que se encuentran localizados en las zonas Alto Andinas (Alwang *et al.*, 2013).

El cambio climático está afectando a la producción y productividad agrícola y ganadera, a través del incremento del estrés térmico y de la reducción de la disponibilidad de agua e indirectamente a través de la reducción de disponibilidad y calidad de forraje, la aparición de enfermedades y la competencia por recursos naturales con otros sectores de la economía (IPCC, 2014; Iglesias *et al.*, 2011). Casi dos tercios de las emisiones provenientes de la agricultura se producen como N₂O, que tiene 298 veces el potencial de calentamiento atmosférico del CO₂. Los principales factores contribuyentes a las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en la agricultura proceden de la transformación, mediante diversos procesos biológicos y físico-químicos presentes en el suelo, de los insumos de fertilizantes inorgánicos y de la materia orgánica. Estos procesos conllevan la producción de los tres principales GEI procedentes de la agricultura: N₂O, CO₂ y metano (Dyer *et al.*, 2010).

Según Montiel e Ibrahim (2016), las cuatro quintas partes de los alimentos necesarios para más de nueve mil millones de personas en el 2050 provendrán de las tierras existentes a través de la intensificación de la producción agrícola y prevén que un gran porcentaje de esta demanda de alimentos sea satisfecha por los países de América Latina y el Caribe. Mencionan que coincidentemente, la alta vulnerabilidad de muchos países de la región, acentuada en gran medida por los efectos adversos de la variabilidad climática y el cambio climático, representa mayores amenazas para la producción agropecuaria, la seguridad alimentaria y nutricional y el desarrollo sostenible.

En la Región Andina (RA) del Ecuador los niveles anuales de erosión de los campos cultivados están en un rango de 10 a 50 t ha⁻¹ (Henry *et al.*, 2013; Chela, 2008), que son significativamente mayores a los encontrados en áreas no cultivadas. El alto nivel de erosión y consecuente degradación del suelo en esta región no solo se debe a las pendientes pronunciadas, sino también a las prácticas tradicionales de producción agrícola, tales como: preparación del suelo, control de malezas, remoción y uso de los residuos de los cultivos para alimentación animal (Barrowclough *et al.*, 2016), así como también al uso excesivo de agroquímicos, fertilizantes y maquinaria agrícola que ha provocado una constante elevación de los costos de producción y una importante disminución de los rendimientos (Barrowclough *et al.*, 2016; Escudero *et al.*, 2014).

Estas tensiones requieren nuevas y rápidas adaptaciones por parte de los hogares agrícolas en la RA; la resiliencia de los sistemas a una mayor vulnerabilidad, es una preocupación fundamental (Alwang *et al.*, 2013). Los rendimientos de la RA ya son bajos, los cultivos son deficientes en nutrientes, la estructura del suelo es pobre, y la erosión es un problema generalizado y severo (Barrera *et al.*, 2012; Saavedra *et al.*, 2014). Las precipitaciones inadecuadas e impredecibles significan que la producción de cultivos está amenazada por el estrés crónico de la humedad del suelo, y la intensa precipitación y de corta duración contribuye a la escorrentía (Alwang *et al.*, 2013).

El desarrollo de la conservación del suelo y el agua (CSA) es uno de los desafíos clave para lograr la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas de producción de los pequeños agricultores en un clima cambiante. Esto se hace, por ejemplo, promoviendo estrategias de adaptación al cambio climático (IPCC, 2011). Estas estrategias tienen como objetivo minimizar el daño o explotar las oportunidades beneficiosas como respuesta al cambio climático ajustando los sistemas naturales o humanos, así como también para aliviar la creciente escasez de agua, el empeoramiento de las condiciones del suelo, las sequías y la desertificación (Kurukulasuriya y Rosenthal, 2013).

La aplicación de mecanismos de CSA podría ser inevitable en la RA, de hecho, múltiples programas de investigación se han enfocado en desarrollar resiliencia hacia el cambio climático en el sector agrícola, como los programas Sustainable Agriculture & Natural Resource Management (SANREM CRSP-USAID), en Ecuador y Bolivia, y Adaptación al Cambio Climático de las Naciones Unidas en Ecuador. Estos programas exploraron los métodos para superar las amenazas a la agricultura y la seguridad alimentaria en un clima cambiante al buscar posibilidades para ayudar a las comunidades vulnerables a adaptarse al cambio climático (Alwang *et al.*, 2013; Barrera *et al.*, 2012).

La AC es uno de los mecanismos de CSA y se encuentra difundida en todo el mundo; se estima que más de 157 millones de hectáreas a nivel mundial están cultivadas con estas prácticas (FAO, 2016). Aproximadamente, el 45% de esta tecnología se practica en América Latina (en países como Brasil, Argentina y Paraguay que poseen grandes extensiones de tierras planas), el 32% en los Estados Unidos y Canadá, el 14% en Australia y Nueva Zelanda y 9% en el resto del mundo, incluido Europa, África y Asia (Farooq y Siddique, 2015). En Brasil, la superficie con prácticas de AC como siembra directa o labranza cero, que es concebida como la ausencia de laboreo en el suelo en un marco de rotación de cultivos, pasó de un millón de hectáreas en 1990 a 26.86 millones para la campaña 2012-2013; en el mismo período, la siembra directa en Argentina pasó de 300000 hectáreas a más de 21 millones (AgroSíntesis, 2015).

Según FAO (2016), AC incluye tres principios básicos: mínima alteración al suelo, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos. Bajo estos principios, el suelo mantiene una cubierta orgánica permanente o semipermanente que lo protege del sol, la lluvia y el viento, y que permite que los microorganismos y la fauna del suelo se ocupen de arar y mantener el equilibrio de los elementos nutritivos y combatir plagas, procesos naturales que son perjudicados por el uso del arado mecánico. Para Govaerts *et al.* (2009), la AC se sustenta sobre tres pilares fundamentales: minimizar las labores en pre-siembra, mantener una cobertura vegetal de al menos el 30% del suelo y la rotación de cultivos. Estas medidas suelen traducirse en mayor contenido en materia orgánica del suelo, mayor protección frente a procesos como la erosión, mejor conservación del agua, reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero y, en general, mejora en la fertilidad del suelo (Delgado y Follet, 2010).

AC ha sido ampliamente investigada en los países en donde las áreas de cultivo son planas, pero no ha sido investigada ni tampoco adoptada en la RA en la medida requerida, a pesar del hecho de que las tierras en ésta zona se encuentran entre las más frágiles en el mundo (Winters *et al.*, 2004). Parte de la razón de la falta de uso generalizado de la AC está relacionada con la agricultura de la RA, que tiene características que crean desafíos especiales para la AC. Las áreas de la RA densamente pobladas e intensamente cultivadas se caracterizan por pequeños tamaños de explotación y sistemas de producción, como el sistema papa-pasto, con notable diversidad (Alwang *et al.*, 2013). La topografía montañosa con pendientes pronunciadas de más de 45%, caracterizada por parcelas pequeñas y fragmentadas, hace que la AC sea un desafío mayor en la RA.

En los Andes del norte, la labranza mecanizada, basada en arado y rastras de discos, ampliamente adoptada por muchos pequeños agricultores, ha sido devastadora para la estructura del suelo; pero es más, las inadecuadas estrategias de tal labranza en pendientes han agravado dramáticamente la erosión en suelos que inicialmente mostraban un alto potencial productivo (Fonte *et al.*, 2012). Investigaciones realizadas sobre prácticas de AC relacionadas con la labranza, certifican reducciones

de erosión de más del 90% en el caso de siembra directa (Towery, 1998), y más del 60% en el mínimo laboreo (Brown *et al.*, 1996). Estudios más recientes (Kertész *et al.*, 2010) muestran reducciones de erosión en siembra directa de hasta el 98.3%. Con estas prácticas se minimiza el impacto directo de las gotas de lluvia, se favorece el incremento de la infiltración y la reducción de la escorrentía con la pérdida del poder erosivo del agua que esto conlleva.

En la microcuenca del río Ilangama en Ecuador, parte de la cuenca alta del río Guayas, las investigaciones realizadas entre 2011 y 2014, muestran que las prácticas de AC (zanjas de desviación de agua, labranza reducida, cobertura con residuo, uso óptimo del Nitrógeno y rotación de cultivos: papa, avena-vicia, cebada, haba y pastos), incrementaron los rendimientos y los beneficios netos, siendo estos de 73.66 Mcal de EB ha⁻¹ y 5932 USD ha⁻¹, en comparación con las 67.16 Mcal de EB ha⁻¹ y 5160 USD ha⁻¹, respectivamente, que se reportan con las prácticas convencionales (Barrowclough *et al.*, 2016). Cuando los residuos de los cultivos se mantuvieron en el campo, más de 353 kg ha⁻¹ de macronutrientes se reciclaron a la tierra en el transcurso de la rotación; los mayores aportes de nutrientes reciclados en el suelo vinieron del cultivo de avena-vicia que se utilizó como cultivo de cobertura; con esta práctica de AC, el N y K superaron los 120 kg ha⁻¹ reciclados, mientras que los otros macronutrientes tenían un saldo positivo entre 6 y 44 kg ha⁻¹ (Gallagher *et al.*, 2017).

Esta experiencia en la microcuenca del río Ilangama se replicaron en la microcuenca del río Sicalpa, subcuenca del río Chambo, en donde las poblaciones dependen fundamentalmente de las actividades agropecuarias para su sustento, a través de un manejo inadecuado del capital Natural, especialmente del recurso suelo, tal como lo muestran los estudios del Gobierno Autónomo Descentralizado de Colta, quienes reportan en promedio, pérdidas de suelo por escorrentía de hasta 50 t ha⁻¹ año⁻¹ (GADC, 2014; Tierra, 2013). En esta microcuenca, las áreas boscosas casi han desaparecido y el mal manejo de los sistemas de producción basados en los cultivos de papa y pastos muestra una baja productividad y sostenibilidad. A los problemas anteriormente citados se suman los de la contaminación por agroquímicos utilizados en forma incontrolada en la producción agrícola, cuyos residuos llegan a las fuentes hídricas por escorrentía; la alarmante reducción del caudal hídrico debido a los grandes procesos de deforestación y ampliación de la frontera agrícola en zonas frágiles y generadoras de aguas como los páramos y las cejas de montañas; así como la mala administración y uso inadecuado de los recursos naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar las mejores prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Sicalpa, subcuenca del río Chambo.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar a mediano plazo (cuatro años) el efecto de las prácticas de conservación, los sistemas de labranza, la cobertura del suelo y rotaciones de los cultivos prevalentes en la microcuenca del río Sicalpa, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Evaluar a mediano plazo (cuatro años) el efecto de las prácticas de conservación, los sistemas de labranza, la cobertura del suelo y rotaciones de los cultivos prevalentes en la microcuenca del río Sicalpa, sobre el rendimiento de los cultivos.
- Determinar económicamente las mejores prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Sicalpa.

3. MÉTODOLÓGIA

3.1. Características del sitio experimental

Tabla 1. Ubicación de los sitios experimentales en la microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| | | | |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Provincia | Chimborazo | Chimborazo | Chimborazo |
| Cantón | Colta | Colta | Colta |
| Parroquia | Sicalpa | Sicalpa | Sicalpa |
| Sitio | Compañía Labranza | Compañía Labranza | Compañía Labranza |
| Altitud | 3488 | 3492 | 3514 |
| Latitud UTM | 0744926 S | 0743783 S | 0744453 S |
| Longitud UTM | 9810214 O | 9809874 O | 98101017 O |

Fuente: Datos tomados por equipo técnico con GPS, 2015.

Tabla 2. Características edafo climáticas de los sitios experimentales en la microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| Zona climática | bosque húmedo Montano bh-M |
| Temperatura promedio | 11.5°C (17°C - 6°C) |
| Precipitación media anual | 760 mm |
| Humedad relativa promedio | 50% |
| Topografía | Inclinada |
| Tipo de suelo | Andisoles |

Fuente: Cañadas, 1983; Datos tomados por equipo técnico, 2015.

Tabla 3. Taxonomía de suelo de los sitios experimentales en la microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Clasificación | Descripción |
|----------------------|---------------------|
| Orden | Andisoles |
| Suborden | Udands |
| Gran grupo | Haplustands |
| Subgrupo | Thaptic Haplustands |

Fuente: Departamento de Suelos y Aguas EESC del INIAP, 2015.

3.2. Factores en estudio

Factor A: Conservación de suelos: (A1 = Sin zanjas de desviación; A2 = Con zanjas de desviación)

Factor B: Tipos de labranza: (B1 = Labranza convencional; B2 = Labranza reducida)

Factor C: Cultivos de cobertura: (C1 = sin residuo; C2 = con residuo)

3.3. Unidad experimental

- Número de repeticiones: 3
- Número de tratamientos: 9
- Número de unidades experimentales (parcelas): 27
- Área total por parcela: 15 m x 6 m (90 m²)
- Área total de la parcela neta: 13 m x 4 m (52 m²)
- Área total del experimento: 90 m² x 27 parcelas: 2430 m²
- Área total del ensayo incluidos caminos (36 m x 42 m): 1512 m² x 3: 4536 m²

3.4. Tratamientos

Los tratamientos en estudio constan en la Tabla 4. Los tratamientos T1 a T8 son propuestas de agricultura de conservación, priorizando la tecnología de manejo de INIAP en cada cultivo.

Tabla 4. Tratamientos en estudio y ciclos de evaluación en la microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Tratamientos en estudio | Ciclos de evaluación | | | | | | |
|---|----------------------|-------------|--------|------|-------------|------|---------|
| | 1ro | 2do | 3ro | 4to | 5to | 6to | 7mo |
| T ₁ = Sin zanjás, labranza convencional, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₂ = Sin zanjás, labranza convencional, con residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₃ = Sin zanjás, labranza reducida, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₄ = Sin zanjás, labranza reducida, con residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₅ = Con zanjás, labranza convencional, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₆ = Con zanjás, labranza convencional, con residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₇ = Con zanjás, labranza reducida, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₈ = Con zanjás, labranza reducida, con residuo | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |
| T ₉ = Testigo (manejo de los cultivos por el agricultor) | Papa | Avena-vicia | Cebada | Haba | Avena-vicia | Papa | Pastura |

Fuente: INIAP, 2015.

Sin residuo = corta y alimenta los animales o vende; Con residuo = corta y deja en la superficie del suelo.

3.5. Diseño experimental

Se aplicó el diseño de Bloques Completamente al Azar en arreglo de Parcela Dividida, en donde el factor A corresponde a la parcela principal y los factores B y C como parcela dividida sobre el factor A, con tres repeticiones por tratamiento, que están representadas por tres sistemas de producción.

3.6. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través de un DBCA en arreglo de Parcela Dividida, en donde el factor A corresponde a la parcela principal y los factores B y C como parcela dividida sobre el factor A, con tres repeticiones por tratamiento, que están representadas por tres sistemas de producción.

Tabla 5. Esquema del análisis de varianza del experimento en la microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|----------------------------------|--------------------|
| Total | 26 |
| Bloques | 2 |
| Conservación (A) | 1 |
| Error experimental | 2 |
| Labranza (B) | 1 |
| AxB | 1 |
| Cobertura (C) | 1 |
| CxA | 1 |
| CxB | 1 |
| AxBxC | 1 |
| Testigo vs Resto de tratamientos | 1 |
| Error experimental | 14 |

Fuente: INIAP, 2015.

Análisis funcional: Análisis de varianza y prueba de LSD al 5% para comparar los niveles de los factores, las interacciones de los factores y la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos.

3.7. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: rendimiento en t ha⁻¹ de los cultivos en rotación; costos de las prácticas investigadas y de los cultivos en USD ha⁻¹; y los beneficios en USD ha⁻¹ basados en la producción de los cultivos en t ha⁻¹.

La producción de papa, avena-vicia 2016-2017, cebada, haba y pasto fue medida a través de la cosecha de todas las plantas de las parcelas netas: 52 m² (13 m x 4 m). En el caso del pasto, la biomasa fue medida en 5 muestras con un cuadrante de 0.25 m² de cada parcela.

Los costos de producción tomados en consideración fueron la preparación del suelo, semillas, fertilizantes, plaguicidas, mano de obra, controles fitosanitarios y cosecha. Los precios de cada uno de los insumos utilizados fueron monitoreados en los almacenes expendedores de las ciudades de Cajabamba y Riobamba. Los precios de venta de los productos cosechados fueron monitoreados cada semana en los mercados locales de Cajabamba y Riobamba; así, para el caso de papa el precio fue de 330 USD t⁻¹, 660 USD t⁻¹ para cebada, 300 USD t⁻¹ para haba, 50 USD t⁻¹ para el forraje fresco de avena-vicia y se consideró un precio de 60 USD t⁻¹ para el pasto.

El beneficio económico de los tratamientos en donde la cobertura fue con residuos de la avena-vicia fue estimado usando un valor asignado como si ésta hubiera sido vendida, ya que, al no ser removida del suelo, no existe un beneficio tangible para los productores; por el contrario, se esperaría que dicho beneficio sea traducido en incremento de los nutrientes del suelo a través del tiempo.

3.8. Manejo específico del experimento

Se basó en las investigaciones del INIAP realizadas para el sistema papa-leche en la Sierra ecuatoriana (Barrera *et al.*, 2004) y en las experiencias en la subcuenca del río Chimbo (Barrera *et al.*, 2010). En la comunidad Compañía Labranza de la microcuenca del río Sicalpa, se seleccionaron tres lotes de 1512 m² cada uno, que estaban en barbecho por tres años. En cada sitio seleccionado, se tomaron muestras de suelo por cada unidad experimental al inicio y final de cada cultivo; para el caso de los cultivos de papa y avena-vicia se tomaron a una profundidad de 25 cm, y en el caso de cebada y haba se tomaron a dos profundidades: de 0-10 cm y de 11-20 cm, para su análisis químico completo. Para el análisis físico se tomaron las muestras a 0.25 cm de profundidad en todos los ciclos de cultivo. El tratamiento testigo tiene relación con las prácticas usuales que los agricultores de la zona realizan en dos diferentes cultivos en rotación; en cambio, en los tratamientos de agricultura de conservación las prácticas utilizadas tienen que ver con la tecnología que maneja el INIAP en los diferentes cultivos en rotación.

Trazado de zanjas de desviación de agua

En las parcelas que corresponden al factor A (A2= con zanjas), se realizaron cuatro zanjas separadas cada 6 metros con una longitud de 15 metros y una profundidad de 0.50 metros. El trazado se realizó con la ayuda de un nivel en A, con una pendiente del 1%. En la parte alta del talud se sembraron pasto millín y especies arbóreas nativas con la finalidad de proteger las zanjas.

Para el cultivo de papa

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

Para la preparación de las parcelas que corresponden a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra se realizaron las labores en el suelo de barbecho con un pique y repique con azadones, hasta dejar el suelo mullido o suelto. Para la siembra, se hicieron surcos con azadones a una distancia entre surcos de 1.1 m y entre plantas de 0.40 m, y se utilizó semilla de la variedad INIAP-

Fripapa con una dosis de 1136 kg ha⁻¹, depositando dos tubérculos pequeños por sitio. La fertilización química se realizó con el fertilizante compuesto 18-46-00 al momento de la siembra, en relación de 50 kg ha⁻¹ de abono por 181.80 kg ha⁻¹ de semilla de papa. Para el control de gusano blanco, pulguitas, trips y moscas minadoras, a partir de la emergencia del cultivo, se utilizaron insecticidas recomendados por las casas comerciales de la zona. El tape se realizó con azadón, con una capa de tierra que cubrió la semilla. Las labores de rascadillo y aporque se hicieron con azadón a los 60 y 100 días después de la siembra. Para el control de lancha se utilizaron fungicidas sistémicos y de contacto cada 10 o 15 días después de la emergencia. La cosecha fue manual y se realizó cuando la piel del tubérculo estuvo firme; el follaje de las plantas cosechadas se sacó de las parcelas.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

A los 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua. Antes de la siembra se realizó el trampeo para monitorear la población de adultos del gusano blanco. Se colocaron trampas de follaje de papa en una densidad de 100 trampas ha⁻¹. Al follaje de la trampa se aplicó el insecticida Acefato en dosis de 2 g l⁻¹ de agua y se cubrió con cartón. Cada 8 días se monitoreo el número de adultos y se cambió el follaje. Después de los 15 días de haber aplicado el herbicida se procedió a realizar el surcado con azadones, virando la chamba de pasto de cada lado; la distancia entre surcos fue de 1 m y 0.40 m entre plantas. Se utilizó semilla de la variedad de INIAP-Fripapa, depositando un tubérculo de 60 gramos por golpe, dando una dosis 909 kg ha⁻¹. La fertilización se aplicó de acuerdo con el análisis químico completo del suelo y fue de 120–300–60–30 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O-S. En el momento de la siembra se aplicó, al fondo del surco y a chorro continuo, el 40% de N y el 100% de P₂O₅-K₂O-S; se tapó el fertilizante con una capa de suelo para evitar el contacto con los brotes del tubérculo. A los 45 días después de la siembra se puso el 60% del N restante en bandas laterales. El tape de la semilla se realizó con azadones. Las labores de rascadillo y aporque se hicieron con azadón a los 45 y 60 días después de la siembra, respectivamente. El combate de gusano blanco, pulguita y trips, se realizó únicamente cuando fue necesario y con insecticidas de baja toxicidad. Para la lancha, se aplicó el principio de manejo integrado del cultivo, con el uso de la variedad resistente INIAP-Fripapa, época de siembra, semilla de calidad, fungicidas de contacto y sistémicos de baja toxicidad cuando el cultivo lo demandó. La cosecha fue manual y se realizó en la fase de madurez fisiológica, cuando la piel del tubérculo estuvo firme. En los tratamientos sin residuo se procedió a retirar el follaje de la cosecha a un costado de las parcelas y en el caso de los tratamientos con residuo los restos de la cosecha se dejaron en el mismo sitio como cobertura del suelo.

Para el cultivo de avena-vicia

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

Quince días antes de la siembra se removió el suelo con azadón, con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó al voleo mezclando 45.45 kg ha⁻¹ de avena y 12 kg ha⁻¹ de vicia, utilizando semilla de avena variedad INIAP 82 y vicia variedad común, alcanzando una dosis de 57.45 kg ha⁻¹ de la mezcla; se tapó la semilla con azadón. En el testigo del agricultor no se realizó ningún tipo de fertilización así como también no se realizó ningún control para plagas y enfermedades. La cosecha o corte se realizó al inicio de la floración; el forraje se cortó y se sacó de las parcelas para la alimentación de animales y venta.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

En la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó al voleo en dosis de 120 kg ha⁻¹ de avena-vicia (60 kg ha⁻¹ de avena y 60 kg ha⁻¹ de vicia), utilizando la semilla de avena variedad INIAP 82 y la vicia variedad común, tapando la semilla con azadón. En los tratamientos T1-T8, la fertilización se realizó con 150 kg ha⁻¹ de 18-46-00 y 100 kg ha⁻¹ de Urea, que alcanzó una dosis de 250 kg ha⁻¹. No se realizó ningún control para plagas y

enfermedades. La cosecha o corte se realizó al inicio de la floración; en los tratamientos sin residuo se cortó el forraje y se sacó de las parcelas para la alimentación de animales y venta, mientras que en los tratamientos con residuo se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo. Se debe señalar que en el segundo ciclo de avena-vicia, no se realizó ningún tipo de fertilización para ninguno de los tratamientos en estudio.

Para el cultivo de cebada

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

En la preparación del suelo, en las parcelas que corresponde a labranza convencional, 15 días antes de la siembra, se removió el suelo con azadón. La siembra se realizó al voleo utilizando 135 kg ha^{-1} de la variedad INIAP-Cañicapa y se tapó con azadón. Al momento de la siembra se aplicó 25 kg ha^{-1} de fertilizante 10-30-10 y una fertilización complementaria de 50 kg ha^{-1} de Urea al macollamiento del cultivo. No se realizó ningún tipo de control para plagas y enfermedades. La cosecha se realizó a la madurez de campo, se cortó con hoz, se sacó de las parcelas y se trilló con máquina estacionaria todas las plantas de las parcelas.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

En la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l^{-1} de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó al voleo. La cantidad de semilla fue de 105 kg ha^{-1} de cebada variedad INIAP-Cañicapa. En cuanto a la fertilización de los tratamientos T1-T8, se aplicó la dosis recomendada para este cultivo que es 50-70-00 kg ha^{-1} de N-P₂O₅-K₂O (150 kg de 18-46-00 y 50 de Urea), respectivamente, y se aplicó el fertilizante al voleo; en la siembra se aplicó el 100% de Fósforo y el 50% de Nitrógeno, y se tapó con azadón. A los 45 días después de la siembra se realizó la fertilización complementaria con el 50% de Nitrógeno restante. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades. La cosecha se realizó a la madurez de campo; para los tratamientos sin residuo se cortaron todas las plantas y se sacaron de las parcelas para la trilla respectiva, mientras que en los tratamientos con residuo se cosecharon solamente las espigas y el resto de las plantas se dejaron en la superficie como cobertura del suelo.

Para el cultivo de haba

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

La preparación del suelo se realizó con azadón y se utilizó la fertilización de productor que fue de 100 kg ha^{-1} de 18-46-00. La siembra se realizó a una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas, utilizando tres semillas por golpe. La variedad utilizada fue Huagrahaba, en dosis de 90 kg ha^{-1} . El tape de la semilla se hizo con azadón. Las labores culturales fueron rascadillo y deshierba a los 30 y 60 días después de la siembra, respectivamente. El combate de plagas y enfermedades se realizó con pesticidas recomendados por las casas comerciales. La cosecha y desgrane de las habas de las parcelas se realizaron en forma manual, cuando el cultivo estuvo en madurez comercial (vainas verdes), que es cuando los agricultores venden el producto; el follaje de las plantas cosechadas se sacó de las parcelas.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

En la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l^{-1} de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. Se aplicó una fertilización de $36-92-00 \text{ kg ha}^{-1}$ de N-P₂O₅-K₂O (200 kg ha^{-1} de 18-46-00) al momento de la siembra. Para la siembra, se utilizó un espeque para realizar el hoyo y se aplicó dos semillas por sitio; la distancia de siembra fue de 0.80 m entre surcos y 0.40 m entre plantas. La variedad utilizada para la siembra fue Huagrahaba, en dosis de 90 kg ha^{-1} ; el tape de la semilla se hizo con la mano en el caso del espeque, procurando que la capa de tierra no sea mayor al doble del tamaño de la semilla. Las labores culturales fueron el rascadillo y deshierba a los 30 y 60 días después de la siembra,

respectivamente. El combate de insectos como mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) y los trips (*Frankliniella tuberosi*) y la enfermedad de la mancha de chocolate (*Botrytis fabae*), se realizó cuando se presentó el problema. La cosecha y desgrane de las habas se realizó en forma manual, cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez comercial (vainas verdes). Cabe destacar que para el caso de los tratamientos sin residuos se cosechó completamente toda la mata y se sacó a un costado de las parcelas, mientras que para el caso de los tratamientos con residuos solo se cosechó las vainas y el resto de las plantas se dejaron en el mismo sitio como cobertura del suelo.

Para el cultivo de pasto

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

Se realizó la preparación del suelo con azadón. La siembra se realizó al voleo con 60 kg ha⁻¹ de las variedades adaptadas a la zona (*Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata*, *Trifolium repens* y *Trifolium pratense*) y no se realizó la fertilización a la siembra de este cultivo. Para el mantenimiento de los pastos se aplicó 50 kg ha⁻¹ de Urea después de la segunda cosecha. A los 120 días, aproximadamente, después de la siembra, se realizó la primera cosecha de las parcelas.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Con 15 días antes de la siembra se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó al voleo en dosis de 52 kg ha⁻¹ (48 kg ha⁻¹ de gramíneas y 4 kg ha⁻¹ de leguminosas), utilizando la semilla de variedades adaptadas a la zona en estudio y no se realizó la fertilización en la siembra de este cultivo. Para el mantenimiento de los pastos se aplicó 50 kg ha⁻¹ de Urea después de la cosecha de los pastos. A los 120 días, aproximadamente, después de la siembra, se realizó la primera cosecha de las parcelas; para los tratamientos con remoción se cortó el forraje y se sacó del ensayo, para la alimentación de animales bovinos, mientras que en los tratamientos sin remoción se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo.

4. RESULTADOS FINALES

Los rendimientos y los costos y beneficios de los cultivos en rotación (papa 2015, avena-vicia 2016, cebada 2016, haba 2017, avena-vicia 2017, papa 2018 y pastos 2018-2019) fueron influenciados por los factores en investigación: conservación, labranza y cobertura de suelos, y estos fueron significativos ($Pr \leq 0.05$) y altamente significativos ($Pr \leq 0.01$), estadísticamente. La partición de la suma de cuadrados de los tratamientos en investigación mostró la importancia relativa de cada factor y las interacciones existentes con las variables evaluadas en esta investigación (Tablas 6 y 8).

4.1. Rendimiento de cultivos en rotación en t ha⁻¹

Los análisis de varianza de las variables rendimiento de cultivos en rotación en t ha⁻¹ se muestran en la Tabla 6. Los factores en investigación: conservación, labranza y cobertura del suelo, las interacciones conservación por labranza y conservación por labranza por cobertura así como la comparación ortogonal testigo del agricultor versus los tratamientos de AC, mostraron respuestas estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$) y altamente significativas ($Pr \leq 0.01$), lo que evidencia que el rendimiento de los cultivos fue influenciado por las prácticas de AC evaluadas en relación con la práctica convencional o testigo del agricultor. Las interacciones conservación por cobertura y labranza por cobertura no mostraron diferencias estadísticas significativas ($Pr \geq 0.05$), por lo que se asume que el rendimiento de los cultivos no fue influenciado por las prácticas de AC evaluadas. Los coeficientes de variación de las variables rendimiento en t ha⁻¹ de los cultivos en rotación (Tabla 6), que van desde 3.08% en el cultivo de avena-vicia 2016 hasta 11.82% en el cultivo de avena-vicia 2017, muestran que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación; es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco de los promedios de los tratamientos con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen, como los procesos que se producen en el suelo.

Tabla 6. Análisis de varianza para el rendimiento en t ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2015-2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------|--------------|------------------|--------------|------------------------------|
| | | Papa 2015 | Avena-Vicia 2016 | Cebada 2016 | Haba 2017 | Avena-Vicia 2017 | Papa 2018 | Pasto 2018-2019 ^a |
| Repeticiones | 2 | 0.86 ns | 17.91 ** | 3.34 ** | 7.58 * | 50.93 ** | 54.46 ** | 77.55 ** |
| Conservación (A) | 1 | 4.60 ns | 13.17 ** | 0.05 ns | 0.16 ns | 65.31 ns | 42.69 ** | 9.31 ns |
| Error experimental | 2 | 1.74 | 0.17 | 0.01 | 2.73 | 9.64 | 0.36 | 1.22 |
| Labranza (B) | 1 | 18.43 * | 389.30 ** | 0.83 ** | 21.11 ** | 101.15 ** | 38.19 * | 71.83 ** |
| A x B | 1 | 3.46 ns | 3.29 * | 0.08 ns | 0.62 ns | 47.69 ** | 0.29 ns | 2.38 ns |
| Cobertura (C) | 1 | 3.49 ns | 18.55 ** | 0.34 * | 14.68 ** | 40.07 * | 28.67 * | 41.47 ** |
| A x C | 1 | 6.75 ns | 0.82 ns | 0.01 ns | 2.36 ns | 0.00 ns | 2.86 ns | 0.08 ns |
| B x C | 1 | 8.23 ns | 0.46 ns | 0.00 ns | 1.58 ns | 0.23 ns | 0.06 ns | 0.45 ns |
| A x B x C | 1 | 12.69 * | 0.21 ns | 0.03 ns | 0.06 ns | 1.05 ns | 2.12 ns | 0.65 ns |
| T(1-8) vs T9 | 1 | 30.74 ** | 67.92 ** | 3.43 ** | 41.04 ** | 90.47 ** | 208.13 ** | 120.40 ** |
| Error experimental | 14 | 2.21 | 0.61 | 0.06 | 1.36 | 4.60 | 4.98 | 1.18 |
| Total | 26 | | | | | | | |
| CV (%) | | 8.67 | 3.08 | 8.22 | 11.39 | 11.82 | 8.71 | 4.13 |
| Promedio t ha⁻¹ | | 16.91 | 24.12 | 2.72 | 10.85 | 19.36 | 24.07 | 26.36 |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

** Estadísticamente altamente significativo (P≤0.01); * Estadísticamente significativo (P≤0.05); ns estadísticamente no significativo (P≥0.05).

^a Rendimiento promedio de tres evaluaciones en t ha⁻¹ de Materia Verde de pastos.

En la Tabla 7 se muestran los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables rendimiento de cultivos en rotación en $t\ ha^{-1}$. Para los factores en investigación, la interacción conservación por labranza y la comparación ortogonal testigo versus los tratamientos de AC, se muestran dos rangos de significación, *a* y *b*; en cambio, para las interacciones conservación por labranza y conservación por labranza por cobertura se muestran tres rangos de significación, *a*, *b* y *c*, los cuales indican diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$) entre los niveles de los factores o las interacciones.

Los resultados mostraron que el rendimiento de papa 2015 en $t\ ha^{-1}$, fue superior en 10% con la labranza convencional al compararlo con la labranza reducida; en esta misma variable, las interacciones conservación con zanjas - labranza convencional - cobertura sin residuo y conservación sin zanjas - labranza convencional - cobertura sin residuo, con rendimientos de 19.27 y 18.99 $t\ ha^{-1}$, respectivamente, fueron mejores que el resto de interacciones; en promedio, las prácticas de AC incrementaron el rendimiento de papa 2015 en 24% en relación al testigo del agricultor. Para el año 2018, el rendimiento de papa en $t\ ha^{-1}$, se vio incrementado en un promedio del 10% al utilizar las prácticas de AC: con zanjas de desviación de agua, labranza reducida y cobertura con residuo en comparación con las prácticas convencionales; en promedio, las prácticas de AC mostraron un incremento en el rendimiento de papa 2018 de 54% en relación al testigo del agricultor.

En la variable rendimiento de avena-vicia 2016 en $t\ ha^{-1}$, los resultados mostraron que la conservación con zanjas, labranza reducida y cobertura con residuo presentan rendimientos superiores en 6%, 39% y 7% a los obtenidos con la conservación sin zanjas, labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente; la interacción conservación con zanjas-labranza reducida, con un rendimiento de 29.82 $t\ ha^{-1}$, fue mejor que el rendimiento mostrado con las interacciones de los factores conservación por labranza; es importante señalar que en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de avena-vicia de 26% en relación al testigo del agricultor. Para el año 2017, el rendimiento de avena-vicia en $t\ ha^{-1}$, se vio incrementado en un promedio de 18%, 23% y 14% al utilizar las prácticas de AC: conservación con zanjas de desviación de agua, labranza reducida y cobertura con residuo en comparación con las prácticas convencionales: conservación sin zanjas, labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente; en promedio, las prácticas de AC mostraron un incremento en el rendimiento de avena-vicia 2017 de 41% en relación al testigo del agricultor.

Los resultados encontrados para la variable rendimiento de cebada 2016 en $t\ ha^{-1}$, señalan que la labranza reducida y cobertura con residuo presentan rendimientos superiores en 14% y 8% a los rendimientos obtenidos con la labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente. Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de AC muestran un incremento en el rendimiento de cebada de 66% en relación al testigo del agricultor.

En la variable rendimiento de haba en $t\ ha^{-1}$, la labranza reducida y cobertura con residuo reportaron rendimientos superiores en 18% y 15% a los obtenidos con la labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente. En promedio, las prácticas de AC, muestran un incremento en el rendimiento de haba de 53% en relación al testigo del agricultor.

Finalmente, para finales de 2018 y parte del año 2019, el rendimiento de la pastura en $t\ ha^{-1}$, se vio incrementado en un promedio de 5%, 14% y 10% al utilizar las prácticas de AC: conservación con zanjas de desviación de agua, labranza reducida y cobertura con residuo en comparación con las prácticas convencionales: conservación sin zanjas, labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente; en promedio, las prácticas de AC mostraron un incremento en el rendimiento de la pastura 2018-2019 de 33% en relación al testigo del agricultor.

Tabla 7. Promedios y pruebas de LSD al 5% para el rendimiento en t ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2015-2019.

| Factores en estudio | Rendimiento en t ha ⁻¹ | | | | | | |
|---|-----------------------------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|----------------|--------------------|
| | Papa 2015 | Avena-Vicia 2016 | Cebada 2016 | Haba 2017 | Avena-Vicia 2017 | Papa 2018 | Pasto 2018-2019 |
| Conservación: | | | | | | | |
| Sin zanjás | 17.73 a | 23.94 b | 2.80 a | 11.37 a | 18.36 b | 23.72 b | 26.48 a |
| Con zanjás | 16.85 a | 25.42 a | 2.90 a | 11.21 a | 21.65 a | 26.39 a | 27.73 a |
| Labranza: | | | | | | | |
| Convencional | 18.17 a | 20.65 b | 2.66 b | 10.35 b | 17.95 b | 23.79 b | 25.37 b |
| Reducida | 16.41 b | 28.70 a | 3.04 a | 12.24 a | 22.06 a | 26.32 a | 28.83 a |
| Conservación por Labranza: | | | | | | | |
| Sin zanjás – convencional | 18.22 a | 20.28 c | 2.56 a | 10.59 a | 17.71 b | 22.35 a | 25.07 a |
| Sin zanjás – reducida | 17.23 a | 27.59 b | 3.05 a | 12.15 a | 19.00 b | 25.09 a | 27.90 a |
| Con zanjás – convencional | 18.11 a | 21.02 c | 2.77 a | 10.11 a | 18.19 b | 25.24 a | 25.68 a |
| Con zanjás – reducida | 15.60 a | 29.82 a | 3.03 a | 12.30 a | 25.12 a | 27.54 a | 29.77 a |
| Cobertura: | | | | | | | |
| Sin residuo | 17.67 a | 23.80 b | 2.73 b | 10.50 b | 18.71 b | 23.96 b | 25.79 b |
| Con residuo | 16.91 a | 25.56 a | 2.97 a | 12.07 a | 21.30 a | 26.15 a | 28.42 a |
| Conservación por Labranza por Cobertura: | | | | | | | |
| Sin zanjás-convencional-sin residuo | 18.99 a | 19.63 a | 2.43 a | 9.19 a | 16.32 a | 21.35 a | 23.78 a |
| Sin zanjás-convencional-con residuo | 17.45 ab | 20.93 a | 2.69 a | 11.99 a | 19.11 a | 23.35 a | 26.35 a |
| Sin zanjás-reducida-sin residuo | 18.28 ab | 26.85 a | 2.97 a | 11.35 a | 17.83 a | 24.59 a | 26.67 a |
| Sin zanjás-reducida-con residuo | 16.18 bc | 28.33 a | 3.13 a | 12.94 a | 20.17 a | 25.59 a | 29.13 a |
| Con zanjás-convencional-sin residuo | 19.27 a | 20.19 a | 2.68 a | 9.43 a | 17.20 a | 24.14 a | 24.61 a |
| Con zanjás-convencional-con residuo | 16.94 ab | 21.85 a | 2.86 a | 10.78 a | 19.19 a | 26.33 a | 26.75 a |
| Con zanjás-reducida-sin residuo | 14.13 c | 28.52 a | 2.85 a | 12.04 a | 23.51 a | 25.76 a | 28.10 a |
| Con zanjás-reducida-con residuo | 17.06 ab | 31.11 a | 3.20 a | 12.56 a | 26.72 a | 29.32 a | 31.44 a |
| Testigo versus el Resto | | | | | | | |
| Testigo | 13.89 b | 19.63 b | 1.72 b | 7.36 b | 14.18 b | 16.22 b | 20.38 b |
| Prácticas de AC | 17.29 a | 24.68 a | 2.85 a | 11.29 a | 20.01 a | 25.06 a | 27.10 a |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo; Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo.

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05).

4.2. Costos y beneficios de los cultivos en rotación en USD ha⁻¹

Los análisis de varianza de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2015-2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|
| | | Beneficio Bruto | Costo Total | Beneficio Neto |
| Repeticiones | 2 | 647521.00 ns | 104403.11 ** | 293924.78 ns |
| Conservación (A) | 1 | 3650400.00 * | 2073876.04 ** | 221376.04 ns |
| Error experimental | 2 | 121965.13 | 2695.29 | 108205.79 |
| Labranza (B) | 1 | 19776241.50 ** | 6186426.04 ** | 48084535.04 ** |
| A x B | 1 | 18481.50 ns | 48330.38 ** | 126585.38 ns |
| Cobertura (C) | 1 | 11846960.17 ** | 421085.04 ** | 16735070.04 ** |
| A x C | 1 | 922768.17 ns | 2420.04 ns | 1019700.38 ns |
| B x C | 1 | 601666.67 ns | 9560.04 ns | 459543.38 ns |
| A x B x C | 1 | 3566646.00 ** | 1027.04 ns | 3446626.04 ** |
| T(1-8) vs T9 | 1 | 113587026.00** | 2768283.38 ** | 80890488.38 ** |
| Error experimental | 14 | 784779.70 | 6282.80 | 733395.44 |
| Total | 26 | | | |
| CV (%) | | 3.89 | 0.76 | 7.08 |
| Promedio USD ha⁻¹ | | 21536 | 10102 | 11434 |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

** Estadísticamente altamente significativo ($P \leq 0.01$); * Estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$); ns estadísticamente no significativo ($P \geq 0.05$).

Para la variable beneficio bruto en USD ha⁻¹, los factores labranza y cobertura, la interacción conservación por labranza por cobertura y la comparación ortogonal testigo del agricultor versus los tratamientos de AC mostraron respuestas estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$); en cambio, el factor conservación mostró diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$). Para los factores conservación, labranza y cobertura, la interacción conservación por labranza y la comparación ortogonal testigo del agricultor versus los tratamientos de AC, en la variable costo total en USD ha⁻¹, se reportaron respuestas estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$). En relación a la variable beneficio neto en USD ha⁻¹, los factores labranza y cobertura, la interacción conservación por labranza por cobertura y la comparación ortogonal testigo del agricultor versus los tratamientos de AC, mostraron respuestas estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$). Lo señalado anteriormente para las variables en investigación, evidencia que los costos y beneficios de los cultivos en rotación fueron influenciados por las prácticas de AC evaluadas en relación con la práctica convencional o testigo del agricultor.

Los coeficientes de variación de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ (Tabla 8), muestran que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación.

Los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ se muestran en la Tabla 9.

En las tres variables en estudio, para los factores en investigación y la comparación ortogonal testigo del agricultor versus los tratamientos de AC, se muestran dos rangos de significación, *a* y *b*; para la interacción conservación por labranza por cobertura, en la variable beneficio bruto en USD ha⁻¹, se muestran tres rangos de significación, *a*, *b* y *c*; en cambio, para la interacción conservación por labranza, en la variable costo total en USD ha⁻¹, así como para la interacción conservación por labranza por cobertura, en la variable beneficio neto en USD ha⁻¹, se muestran cuatro rangos de

significación, *a, b, c y d*; los cuales indican diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$) entre los niveles de los factores, las interacciones y la comparación ortogonal testigo del agricultor versus los tratamientos de AC.

Tabla 9. Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Sicalpa, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2015-2019.

| Tratamientos en investigación | Beneficio Bruto (USD ha ⁻¹) | Costo Total (USD ha ⁻¹) | Beneficio Neto (USD ha ⁻¹) |
|---|--|--|---|
| Conservación: | | | |
| Sin zanjas | 21871 b | 9921 b | 11950 a |
| Con zanjas | 22651 a | 10509 a | 12142 a |
| Labranza: | | | |
| Convencional | 21353 b | 10723 a | 10630 b |
| Reducida | 23169 a | 9708 b | 13461 a |
| Conservación por Labranza: | | | |
| Sin zanjas-convencional | 20935 a | 10474 b | 10462 a |
| Sin zanjas-reducida | 22806 a | 9369 d | 13438 a |
| Con zanjas-convencional | 21771 a | 10972 a | 10799 a |
| Con zanjas-reducida | 23531 a | 10046 c | 13485 a |
| Cobertura: | | | |
| Sin residuo | 21558 b | 10348 a | 11211 b |
| Con residuo | 22963 a | 10083 b | 12881 a |
| Conservación por Labranza por Cobertura: | | | |
| Sin zanjas-convencional-sin residuo | 20202 c | 10610 a | 9592 d |
| Sin zanjas-convencional-con residuo | 21669 bc | 10338 a | 11331 cd |
| Sin zanjas-reducida-sin residuo | 22527 abc | 9478 a | 13049 abc |
| Sin zanjas-reducida-con residuo | 23086 ab | 9260 a | 13826 ab |
| Con zanjas-convencional-sin residuo | 21416 bc | 11141 a | 10275 d |
| Con zanjas-convencional-con residuo | 22126 bc | 10803 a | 11323 cd |
| Con zanjas-reducida-sin residuo | 22088 bc | 10162 a | 11926 bcd |
| Con zanjas-reducida-con residuo | 24973 a | 9930 a | 15043 a |
| Testigo versus el Resto | | | |
| Testigo | 15734 b | 9196 b | 6538 b |
| Prácticas de AC | 22261 a | 10215 a | 12046 a |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo; Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo; Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$).

En la variable beneficio bruto en USD ha⁻¹, la conservación con zanjas de desviación de agua, labranza reducida y cobertura con residuo fueron superiores en 4%, 9% y 7% al beneficio bruto obtenido con la conservación sin zanjas de desviación de agua, labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente. La interacción conservación con zanjas de desviación de agua por labranza reducida por cobertura con residuo con un promedio de 24973 USD ha⁻¹ fue mejor que el resto de interacciones aún más respecto de la interacción conservación sin zanjas, labranza convencional y cobertura sin residuos que presentó un promedio de 20202 USD ha⁻¹ de beneficio bruto. En promedio, las prácticas de AC muestran un incremento en el beneficio bruto de 41% en relación al testigo del agricultor.

En la variable costo total en USD ha⁻¹, la conservación con zanjas de desviación de agua reportó un costo total superior en 6% al obtenido con la conservación sin zanjas; en cambio la labranza reducida y cobertura con residuo, reportaron una disminución de los costos totales en 9% y 3%, respectivamente, en comparación con la labranza convencional y cobertura sin residuo. La

interacción conservación con zanjas de desviación de agua y labranza convencional, con un costo total de 10972 USD ha⁻¹, fue mayor que el costo total mostrado con las interacciones de los factores conservación por labranza. En promedio, las prácticas de AC muestran un incremento en el costo total de 10% en relación al testigo del agricultor, dado principalmente por los costos de la conservación con zanjas de desviación de agua.

Para la variable beneficio neto en USD ha⁻¹, la labranza reducida y cobertura con residuo fueron superiores en 27% y 15% al beneficio neto obtenido con la labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente. La interacción conservación con zanjas de desviación de agua por labranza reducida por cobertura con residuo con un promedio de 15043 USD ha⁻¹ fue mejor que el resto de interacciones aún más respecto de la interacción conservación sin zanjas, labranza convencional y cobertura sin residuos que presentó un promedio de 9592 USD ha⁻¹ de beneficio neto. Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de AC, muestran un incremento en el beneficio neto de 84% en relación al testigo del agricultor.

5. DISCUSIÓN

Del análisis de los resultados obtenidos para las variables de rendimiento de los cultivos en rotación, se puede señalar que el realizar la conservación con zanjas de desviación de agua, labranza reducida y mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuye a incrementar los rendimientos de los cultivos de papa, avena-vicia, cebada, haba y pasto. La experiencia que se obtuvo en esta investigación es que las prácticas de AC mostraron sus beneficios en los rendimientos en el corto plazo de evaluación (4 años) y se considera que los beneficios absolutos se podrían conseguir en el mediano y largo plazo, tal como lo señalan Jat *et al.* (2012), quienes indican que las prácticas de AC sí afectan positivamente los rendimientos de los cultivos en el mediano y largo plazo.

Las zanjas de desviación de agua mejoraron la productividad de los cultivos en avena-vicia 2016, avena-vicia 2017 y papa 2018, y revelan que pueden desempeñar un papel importante en la productividad de los cultivos en la microcuenca del río Sicalpa. Además de las zanjas de desviación de agua, la labranza reducida y la cobertura con residuo, también fueron prácticas de AC que mejoraron positivamente el rendimiento de los cultivos avena-vicia 2016, cebada 2016, haba 2017, avena-vicia 2017, papa 2018 y pasto 2018-2019. De todas las prácticas de AC evaluadas en esta investigación, se estima que cobertura con residuo es la que mayor efecto tiene sobre el reciclaje de nutrientes. Se debe mencionar como relevante que en el cultivo inicial de rotación papa 2015, los factores sin zanjas de desviación de agua, labranza convencional y cobertura sin residuo fueron los de mayor rendimiento en papa, es decir que, las prácticas de AC en el corto plazo no influenciaron en el rendimiento de este cultivo.

La tendencia mostrada en el mejoramiento del rendimiento en la mayoría de los ciclos de cultivos es consistente con la tendencia producida en los beneficios brutos y beneficios netos obtenidos en esta investigación, que señalan que las zanjas de desviación de agua, la labranza reducida y la cobertura con residuos, incrementan esos beneficios en comparación con las prácticas sin zanjas de desviación de agua, labranza convencional y cobertura sin residuo. Es importante señalar que el uso de la labranza reducida y la cobertura con residuo permiten disminuir los costos totales en USD ha⁻¹ en comparación al uso de labranza convencional y cobertura sin residuo. Aunque los beneficios agronómicos y ecológicos de las zanjas de desviación de agua son relativamente obvios, tal como lo señalan Gallagher *et al.* (2017), las zanjas de desviación de agua requieren mano de obra para su instalación y mantenimiento, y por lo tanto un costo adicional para los agricultores, que se verán compensados con la conservación de los suelos, al no permitir una mayor erosión de los mismos. Por otro lado, será importante motivar a los productores a dejar los residuos de cosechas y el cultivo de cobertura avena-vicia, indicándoles que los beneficios para el suelo serán relevantes en un futuro inmediato, ya que permitirá mejorar la disponibilidad de nutrientes y la humedad del suelo, como lo señalan Thierfelder y Wall (2010) y Farooq *et al.* (2011), respectivamente; también

permitirá eliminar maleza y plagas como lo sostienen Stone *et al.* (2004). Será importante considerar lo señalado por Gallagher *et al.* (2017), quienes indican que el mantenimiento de altos niveles de residuos ricos en carbono y la inclusión más frecuente de cultivos de cobertura durante los períodos no agrícolas pueden ser formas de ayudar a secuestrar el N inorgánico del suelo en estos sistemas.

De las prácticas de AC evaluadas, la labranza reducida fue la más aceptada por los productores de la Comunidad Compañía Labranza donde se realizó la investigación, quienes ya comenzaron a utilizarla en el establecimiento de sus cultivos en rotación. La labranza reducida tuvo un efecto positivo sobre el rendimiento de la mayoría de los cultivos en investigación a excepción del cultivo de papa 2015, en donde la labranza convencional mostró un mayor incremento que concuerda con lo establecido por Lanfranconi *et al.* (1993). El beneficio más tangible de la labranza reducida para los productores fue la reducción de los costos de mano de obra laborales, que disminuyen en 1015 USD ha⁻¹ durante los ciclos de cultivos en rotación en comparación con la labranza convencional. Esta investigación mostró que la labranza reducida puede aplicarse a los cultivos de papa, avenavicia, cebada, haba y pasto con mayor frecuencia. El incremento en productividad mostrado con el uso de labranza reducida en papa concuerda con el incremento positivo reportado por Pierce y Burpee (1995).

6. CONCLUSIONES

La investigación sobre las “Prácticas de agricultura de conservación que promueven la productividad y beneficios económicos de los sistemas de producción agrícola en la microcuenca del río Sicalpa, Ecuador”, probó la hipótesis que estas prácticas muestran un beneficio positivo en los rendimientos en t ha⁻¹ de los cultivos en rotación (papa, avenavicia, cebada y haba) y el beneficio neto en USD ha⁻¹. Es evidente que el uso de zanjas de desviación de agua, labranza reducida y retención de residuos en el suelo, en donde está incluido el cultivo de cobertura avenavicia por dos ciclos, mejoran en gran medida el contenido y el reciclaje de nutrientes, lo mismo que se ve reflejado en el incremento del rendimiento de los cultivos en al menos 44%, en comparación con la práctica convencional del agricultor, protegiendo a los suelos de una erosión eminente, bajo las condiciones de los suelos de la microcuenca del río Sicalpa, considerados de alta vulnerabilidad. Aunque los agricultores son conscientes de los beneficios ambientales de las prácticas de AC, las consideraciones económicas son los principales motores para adoptar estas prácticas o no; por lo que, el incremento del 43% en el beneficio bruto, disminución del 3% en el costo de producción y el incremento de 94% en el beneficio neto, que representan las prácticas de AC en comparación con las prácticas convencionales del agricultor, pueden ser motivadores para su adopción. Es importante que los estudios de investigación en colaboración con los agricultores sigan proporcionando información de los beneficios de las zanjas de desviación de agua, labranza reducida y cobertura con residuos, para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola de esta microcuenca y de la Región Andina del Ecuador en general, para minimizar las amenazas que sufre la agricultura y garantizar la seguridad alimentaria en un clima cambiante. Esta investigación muestra los análisis para cuatro años, tiempo que no podría ser suficiente para mostrar plenamente los beneficios de las prácticas de AC en la productividad de los cultivos, debido a los incrementos de los macro y micronutrientes que se dinamizan en el suelo. Las prácticas de AC investigadas son alternativas que los agricultores de la microcuenca del río Sicalpa ya podrían usar para incrementar sus ingresos económicos, la productividad de sus cultivos y la sostenibilidad de sus sistemas.

7. LITERATURA CITADA

AgroSíntesis. 2015. El mundo se mueve hacia la siembra directa o agricultura de conservación. Consultado el 10 de mayo 2018 en <https://www.agrosintesis.com/el-mundo-se-mueve-hacia-la-siembra-directa-o-agricultura-de-conservacion/>

- Alwang, J.; Norton, G.; Barrera, V.; Botello, R. 2013. Conservation Agriculture in the Andean Highlands: Promise and Precautions. In S. Mann (ed.), *The Future of Mountain Agriculture*, Springer Geography, DOI: 10.1007/978-3-642-33584-6_3.
- Barrera, V.; Escudero, L.; Alwang, J.; Andrade, R. 2012. Integrated management of natural resources in Ecuador Highlands. *Agricultural Sciences*, 3(5), 768-779.
- Barrowclough, M.; Stehouwer, R.; Alwang, J.; Gallagher, R.; Barrera, V.; Domínguez, J. 2016. Conservation agriculture on steep slopes in the Andes: Promise and obstacles. *Journal of Soil and Water Conservation*, 71, 91-102.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. In: C.A. Black (ed.). *Methods of soil and plant analysis. Part 2. Agronomy 9*. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. pp. 1149 - 1178.
- Brown, L.; Donaldson, G.; Jordan, V.; Thornes, J. 1996. Effects and interactions of rotation, cultivation and agrochemical input levels on soil erosion and nutrient emissions. *Aspect of Applied Biology* 47, Rotations and Cropping Systems, 409-412.
- Chela, E. 2008 Evaluación de la pérdida del suelo por erosión hídrica en tres sistemas de producción en la microcuenca de la quebrada chilcapamba cantón Chillanes, provincia de Bolívar. Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Estatal de Bolívar.
- Delgado, J.; Follet, R. (Eds.). 2010. *Advances in Nitrogen Management for Water Quality*. SWCS. Ankeny, IA, USA.
- Dyer, J.; Vergé, X.; Desjardins, R.; Worth, D.; McConkey, B. 2010. The impact of increased biodiesel production on the greenhouse gas emissions from field crops in Canada. *Energy for Sustainable Development*, 14(2), 73-82.
- Escudero, L.; Delgado, J.; Monar, C.; Valverde, F.; Barrera, V.; Alwang, J. 2014. A New Nitrogen Index for Assessment of Nitrogen Management of Andean Mountain Cropping Systems of Ecuador. *Soil Science*, 179, 130-140.
- FAO. 2016. Conservation agriculture. Consultado el 20 de mayo 2018. www.fao.org/ag/ca
- FAO. 2011. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Mundi-Prensa, Madrid.
- Farooq, M.; Siddique, K. 2015. Conservation Agriculture: Concepts, Brief History, and Impacts on Agricultural Systems. In: Farooq, M. & K. Siddique (Eds.). *Conservation Agriculture*. Springer International. Publishing Switzerland. pp. 3-20.
- Farooq, M.; Flower, K.; Jabran, K.; Wahid, A.; Siddique, K. 2011. Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. *Soil Tillage Res.* 117:172-183.
- Fonte, S.; Vanek, S.; Oyarzun, P.; Parsa, S.; Quintero, C. et al. 2012. Explorando Opciones Agroecológicas para el Manejo de la Fertilidad del Suelo en Sistemas de Agricultura en pequeña escala de las Zonas Alto-andinas: Informe y Recomendaciones para la Fundación McKnight. CIAT. 68 p.
- Fox, R.; Olson, A.; Rhoades, H. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plant and soil tests. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 28:243-246.
- GADC, 2014, Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Colta, Provincia de Chimborazo.
- Gallagher, R.; Stehouwer, R.; Barrera, V.; Alvarado, S.; Escudero, L.; Valverde, F.; Portilla, A.; Domínguez, J. 2017. Yield and nutrient removal in potato-based Conservation Agriculture cropping systems in the high altitude Andean region of Ecuador. Published in *Agron. J.* 109:1-13(2017).

- Gardi, C.; Angelini, M.; Barceló, S.; Comerma, J.; Cruz, C.; Encina, A.; otros (Eds.). 2014. Atlas de suelos de América Latina y el Caribe, Luxembourg, Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 176 p.
- Govaerts, B.; Sayre, K.; Goudeseune, B.; De Corte, P.; Lichter, K.; Dendooven, L.; y Deckers, J. 2009. Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. *Soil & tillage research*, v. 103(2): 222-230.
- Hunter, A. 1977. Soil analysis procedure using modified NaHCO₃ extractant solution. Raleigh, North Carolina State University, International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program. 6. p.
- Henry, A.; Mabit, L.; Jaramillo, R.; Cartagena, Y.; Linch, J. 2013. Land use effects on erosion and carbon storage of the río Chimbo watershed, Ecuador. *Plant and Soil*, 367, 477-491.
- Iglesias, A.; Quiroga, S.; Diz, A. 2011. Looking into the future of agriculture in a changing climate. *European Review of Agricultural Economics*, 38(3), 427-447.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. pp. 1435.
- IPCC. 2011. Climate change 2011. Fifth Assessment Report. Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections.
- Jat, R.; Wani, S.; Sahrawat, K. 2012. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems. *Advances in Agronomy*, 17, 191-273.
- Keeney, D; Nelson, D. 1982. Nitrogen-Inorganic forms. NOTES 553 p. 643- 698. In A.L. Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Kertész, A.; Madarász, B.; Csepinszky, B.; Bádonyi, K. 2010. Conservation agriculture as a tool against soil erosion and for improving biodiversity. *Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture*. ISBN: 978-84- 491-1038-2. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Asociación Española Agricultura de Conservación / Suelos Vivos: 501-506.
- Kurukulasuriya, P.; Rosenthal, S. 2013. Climate change and agriculture: A review of impacts and adaptations.
- Lanfranconi L.; Bellinder, R.; Wallace, R. 1993. Grain rye residues and weed control strategies in reduced tillage potatoes. *Weed Tech*. 7:23-28.
- Malavolta, E.; Vitti, G.; De Oliveira, S. 1989. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. *Princípios y Aplicações*. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo. Piracicaba. Brazil.
- Montiel, K.; Ibrahim, M. 2016. Manejo integrado de suelos para una agricultura resiliente al cambio climático: Sistematización del ciclo de foros virtuales | Año Internacional de los Suelos (AIS) 2015. IICA. San José, Costa Rica. 30 pp.
- Pierce, F.; Burpee, C. 1995. Zone tillage effects on soil properties and yield and quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Soil Tillage Res*. 35:135-146.
- Saavedra, A.; Delgado, J.; Botello, R.; Mamani, P.; Alwang, J. 2014. Un nuevo índice de nitrógeno para evaluar la dinámica de nitrógeno en sistemas de producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Bolivia. Published as Article in *Agrociencia* 48: 667-678.
- Stone, A.; Scheuerell, S.; Darby, H. 2004. Suppression of soilborne diseases in field agricultural systems: organic matter management, cover cropping, and other cultural practices. In: F. Magdoff and R. Weil Eds. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*, pp. 131-177. CRC Press, Boca Raton.

- Thierfelder, C.; Wall, P. 2010. Rotations in conservation agriculture systems of Zambia: effects on soil quality and water relations. *Experimental Agriculture* 46:309-325.
- Tierra, E. 2013. Determinación de la oferta hídrica del río Sicalpa, para la definición de políticas del uso óptimo del agua en el cantón Colta provincia de Chimborazo. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal. Tesis presentada como requisito para la obtención de Ingeniero Forestal. Riobamba, Ecuador. 127 pp.
- Towery, D. 1998. No-till's impact on water quality. En: 6º Congreso Nacional Argentino sobre Siembra Directa (AAPRESID): 17-26, Mar de Plata, Argentina.
- Vendrell, P.; Zupanic, J. 1990. Determination of soil nitrate by transnitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 21:1705-1713.
- Winters, P.; Crissman, C.; Espinosa, P. 2004. Inducing the adoption of conservation technologies: lessons from the Ecuadorian Andes. *Environ Dev Econ* 9:695–719.
- Zasoski, R.; Burau, R. 1976. Rapid nitric-perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 8:425-436.

Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la cuenca alta del río Paute

1. ANTECEDENTES

Según FAO (2010), la superficie forestal mundial se reduce cada año en unos 13 millones de hectáreas a causa de la deforestación. América del Sur sufrió la más importante pérdida neta de bosques entre el 2000 y 2010, siendo de 4.3 millones de hectáreas al año. Este fenómeno ha desencadenado problemas como la degradación de los recursos naturales, pérdida de la biodiversidad, deterioro del suelo, disminución de los recursos hídricos, reducción de sumideros de carbono, que merecen una inmediata atención que permita mejorar la sostenibilidad del ambiente (Alwang *et al.*, 2013). En Ecuador, la tala indiscriminada de los bosques naturales y de continuar este ritmo de deforestación, las reservas forestales para el año 2030 habrán desaparecido, principalmente por la ampliación de la frontera agrícola con el establecimiento de sistemas en unicultivos, que han demostrado poca sostenibilidad y desastres en cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades y el ambiente (MAE, 2012).

El Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA, 2007) señala que vastas zonas de pendiente han sido empleadas para la producción agropecuaria. De esta manera se inicia el proceso de pérdida de la biodiversidad (capital Natural). Adicionalmente, el recurso suelo es explotado hasta un punto más allá del cual, actividades como el exceso de pastoreo del ganado, producción agrícola en áreas marginales, deforestación, etc., afectan la capacidad regenerativa de algunas especies vegetales, que conllevan no solo a la degradación del capital Natural sino además repercusiones socioeconómicas en las familias campesinas (Barrera *et al.*, 2012).

Los habitantes de la parroquia Zhoray y Pindilig dependen fundamentalmente de las actividades agropecuarias para su sustento. La agricultura es la actividad predominante y más del 58% (Zhoray) y 64% (Pindilig) de la población económicamente activa PEA se dedica a ella (Plan Estratégico del Cantón Azogues). Esta situación define el alto grado de vulnerabilidad y de riesgo social y económico que puede provocarse como consecuencia del manejo inadecuado del capital Natural, su degradación o efectos del cambio climático. En esta cuenca, las áreas boscosas casi han desaparecido y el mal manejo del sistema de producción basado en los cultivos de papa, pastos y maíz muestran el siguiente esquema: siembra de maíz en los meses de octubre a noviembre, y su ciclo de cultivo es de aproximadamente 8 meses (diciembre a julio), luego de cosechado, el terreno es dejado en reposo el resto del año hasta la siguiente siembra. Siembra de papa y arveja en los meses de junio-agosto, y su ciclo de cultivo es de aproximadamente 5 meses (septiembre-enero), el terreno es dejado en pasto natural para la alimentación animal, el cual dura hasta la fecha de la siguiente siembra en el año que viene.

A estos problemas se suman la contaminación por agroquímicos utilizados en forma incontrolada en la producción agrícola, cuyos residuos llegan a las fuentes hídricas por escorrentía; la alarmante reducción del caudal hídrico debido a los grandes procesos de deforestación y ampliación de la frontera agrícola en zonas frágiles y generadoras de aguas como los páramos y las cejas de montañas; así como la mala administración y uso inadecuado de los recursos naturales. El problema de la contaminación de estos ríos incide directamente en el deterioro de la calidad de vida y la salud humana de la población, así como en animales y vegetales que consumen el agua, constituyéndose en un medio que transporta enfermedades de tipo bacterial y parasitario, no sólo para Cañar, sino que se extiende a toda la cuenca del río Paute.

Los avances conseguidos en relación a la implementación de Buenas Prácticas de Manejo y conservación del suelo en la subcuenca del río Chimbo, han permitido medir y cuantificar el efecto de éstas sobre la productividad de los sistemas de producción en relación a las características físicas, químicas y biológicas del suelo a mediano y largo plazo, así como la pérdida y el deterioro de las condiciones del suelo, tomando en consideración la evaluación del efecto de la labranza

reducida, el uso de suelo, la fertilización y rotación de cultivos: papa-avena vicia-cebada-habapasturas (Escudero *et al.*, 2014; Monar *et al.*, 2013). La razón de incluir en la rotación del sistema la avena-vecia y arveja, se debe a que la cosecha de papa -en los meses de julio-agosto- coincide con el período de verano, en donde se observa la presencia de fuertes vientos de hasta 35 km h⁻¹, y en el cual los productores dejan el suelo en descanso o cultivan variedades nativas de papa que no les provee cosechas con suficiente producción para su seguridad alimentaria y peor aún ingresos económicos extras; esto permitirá tener cubierto el suelo con cultivos que promoverán un mejor uso del suelo y mejores ingresos económicos para las familias de la zona (Barrera *et al.*, 2012).

La experiencia de la subcuenca del río Chimbo, se piensa replicar en la cuenca alta del río Paute, principalmente con prácticas que incluyen el manejo integrado del cultivo, el aprovechamiento racional de los recursos naturales locales, la capacitación y empoderamiento de los beneficiarios/as, con lo que se contribuirá a la sostenibilidad en los ámbitos social, cultural, político, físico, financiero, humano y natural a mediano y largo plazo. El propósito final, es mejorar la productividad de los sistemas de producción a pequeña escala, en vez de sistemas extensivos y poco sostenibles, que incluyen cada vez el avance de la frontera agrícola y la destrucción de los recursos naturales.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Determinar las mejores prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papapasto en la cuenca alta del río Paute.

2.2. Objetivos Específicos

- Evaluar a mediano plazo (cuatro años) el efecto de las prácticas de conservación, los sistemas de labranza, la cobertura del suelo y rotaciones de los cultivos prevalentes en la cuenca alta del río Paute, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Evaluar a mediano plazo (cuatro años) el efecto de las prácticas de conservación, los sistemas de labranza, la cobertura del suelo y rotaciones de los cultivos prevalentes en la cuenca alta del río Paute, sobre el rendimiento de los cultivos.
- Determinar económicamente las mejores prácticas de agricultura de conservación en la cuenca alta del río Paute.

3. METODOLOGIA

3.1. Características del sitio experimental

Tabla 1. Ubicación de los sitios experimentales en la cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2019.

| Ubicación | San Antonio | San Pedro | San Francisco |
|-------------------|-------------------|--------------------|---------------|
| Provincia | Cañar | Cañar | Cañar |
| Cantón | Azogues | Azogues | Azogues |
| Parroquia | Rivera | Pindilig | Rivera |
| Altitud | 2494m | 2806m | 2792m |
| Coordenadas Sur | 02°34'27" | 02°37'04" | 02°37'04" |
| Coordenadas Oeste | 78°38'54" | 78°40'56" | 78°40'56" |
| Agricultor | Gonzalo Morquecho | Patricia Guarquila | Blanca Rivera |

Fuente: Datos tomados del Plan Estratégico del Cantón Azogues, 2015.

Las Comunidades de las parroquias Rivera y Pindilig pertenecen al Bosque húmedo montano bajo bhMB (Cañadas, 1983).

Tabla 2. Características agro-climáticas de los sitios experimentales en la cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2019.

| Características | Rivera | Pindilig |
|--|-----------|-----------|
| Precipitación promedio anual (mm) | 1000-2000 | 1000-2000 |
| Temperatura máxima (°C) | 20 | 20 |
| Temperatura mínima (°C) | 13 | 13 |
| Temperatura media anual (°C) | 16 | 16 |
| Velocidad media anual del viento (km h ⁻¹) | 2.9 | 2.9 |
| Humedad relativa (%) | 81 | 82 |

Fuente: Sistema de Cartografía de la Universidad del Azuay, 2015.

Tabla 3. Taxonomía de suelo de los sitios experimentales en la cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2019.

| Clasificación | Descripción |
|---------------|------------------|
| Orden | Alfisols |
| Suborden | Udalfs |
| Gran grupo | Hapludalfs |
| Subgrupo | Andic Hapludalfs |

Fuente: Según la Soil Taxonomy, 2010.

Características: Suelos con arcilla iluviada, francos en superficie y franco arcillosos a profundidad, con drenaje bueno, profundos, pH prácticamente neutro. Tierras aptas para aprovechamiento forestal (limitaciones muy fuertes). Son suelos que se encuentran en pendientes de medias a fuertes, menores al 40%.

3.2. Factores en estudio

Factor A: Tipos de labranza: (A1= Labranza convencional; A2= Labranza reducida).

Factor B: Cultivos de cobertura: (B1= sin residuo; B2= con residuo).

3.3. Unidad experimental

- Número de repeticiones: 3
- Número de tratamientos: 5
- Número de unidades experimentales (parcelas): 15
- Área total por parcela: 15 m x 6 m: 90 m²
- Área total del experimento: 90 m² x 15 parcelas: 1350 m²
- Área total del ensayo incluidos caminos (36 m x 26 m): 936m² x 3: 2808m²

3.4. Tratamientos

Los tratamientos en estudio constan en la Tabla 4. Los tratamientos T₁ a T₄ son propuestas de agricultura de conservación, priorizando la tecnología de manejo de INIAP en cada cultivo.

Tabla 4. Tratamientos en estudio y ciclos de evaluación en los sitios experimentales en la cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2019.

| Tratamientos en estudio | Ciclos de cultivo | | | | | |
|---|-------------------|-------------|--------|------|------|-------|
| | 1er | 2do | 3er | 4to | 5to | 6to |
| T ₁ = Labranza convencional, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Arveja | Maíz | Papa | Pasto |
| T ₂ = Labranza convencional, con residuo | Papa | Avena-vicia | Arveja | Maíz | Papa | Pasto |
| T ₃ = Labranza reducida, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Arveja | Maíz | Papa | Pasto |
| T ₄ = Labranza reducida, con residuo | Papa | Avena-vicia | Arveja | Maíz | Papa | Pasto |
| T ₅ = Testigo (manejo del agricultor) | Papa | Avena-Vicia | Arveja | Maíz | Papa | Pasto |

Fuente: INIAP, 2015.

Sin residuo = corta y alimenta los animales o vende; Con residuo = corta y deja en la superficie del suelo.

3.5. Diseño experimental

Se aplicó el diseño de Bloques Completamente al Azar “DBCA” en arreglo factorial 2x2+1, con tres repeticiones por tratamiento, que estuvieron representadas por tres sistemas de producción o agricultores de las zonas en estudio.

3.6. Análisis estadístico

Tabla 5. Esquema del análisis de varianza del experimento en la cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|----------------------------------|--------------------|
| Total | 14 |
| Bloques | 2 |
| Tratamientos | (4) |
| Labranza (A) | 1 |
| Cobertura (B) | 1 |
| AxB | 1 |
| Testigo vs Resto de tratamientos | 1 |
| Error experimental | 8 |

Fuente: INIAP, 2015.

Análisis funcional: Análisis de varianza; prueba de LSD al 5% para comparar los niveles de los factores, las interacciones de los factores y la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos.

3.7. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: rendimiento en t ha⁻¹ de los cultivos en rotación; costos de las prácticas investigadas y de los cultivos en USD ha⁻¹; y los beneficios en USD ha⁻¹ basados en la producción de los cultivos en t ha⁻¹.

La producción de papa, avena-vicia, arveja, maíz y pasto medida a través de la cosecha de todas las plantas de las parcelas netas: 52 m² (13 m x 4 m). En el caso del pasto, la biomasa fue medida en 5 muestras con un cuadrante de 0.25 m² de cada parcela.

Los costos de producción tomados en consideración fueron la preparación del suelo, semillas, fertilizantes, plaguicidas, mano de obra, controles fitosanitarios y cosecha. Los precios de cada uno de los insumos utilizados fueron monitoreados en los almacenes expendedores de las ciudades de Azogues y Cuenca. Los precios de venta de los productos cosechados fueron monitoreados cada semana en los mercados locales de Azogues; así, para el caso de papa el precio fue de 330 USD t⁻¹, 400 USD t⁻¹ para arveja, 250 USD t⁻¹ para maíz, 50 USD t⁻¹ para el forraje fresco de avena-vicia, y para el pasto se consideró un precio de 60 USD t⁻¹.

El beneficio económico de los tratamientos en donde la cobertura fue con residuos de la avena-vicia fue estimado usando un valor asignado como si ésta hubiera sido vendida ya que al no ser removida del suelo, no existe un beneficio tangible para los productores; por el contrario, se esperaba que dicho beneficio sea traducido en incremento de los nutrientes del suelo a través del tiempo.

3.8. Manejo específico del experimento

Se basó en las investigaciones del INIAP realizadas para el sistema papa-leche en la Sierra ecuatoriana (Barrera *et al.*, 2004) y en las experiencias en la subcuenca del río Chimbo (Barrera *et al.*, 2010). En la cuenca alta del río Paute se seleccionaron tres lotes de 936 m² cada uno, que estuvieron cultivados por varios años. En cada sitio seleccionado, se tomó muestras de suelo por cada unidad experimental al inicio y al final de cada cultivo: en el caso de papa a una profundidad de 25 cm, y para el caso de los cultivos de avena-vicia, arveja y maíz se tomaron muestras de suelos

a dos profundidades: 0-10 cm y 11-20 cm, para el análisis químico completo; para el análisis de física de suelos se tomaron las muestras a 25 cm de profundidad en todos los cultivos. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en Quito.

Para el cultivo de papa

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

Para la preparación de las parcelas que corresponden a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra se realizaron las labores en el suelo de barbecho con un pique y repique con azadones. Después de los 15 días de preparado el terreno se procedió a sembrar la papa, para lo cual se hizo surcos con azadones; la distancia entre surcos fue de 1.1 m y entre plantas de 0.40 m. Se utilizó semilla de la variedad Superchola en la cantidad de 990 kg ha⁻¹, depositando dos tubérculos pequeños por sitio. La fertilización química se realizó con fertilizante compuesto 18-46-00 al momento de la siembra, en relación de 50 kg ha⁻¹ de abono por 181.80 kg ha⁻¹ de semilla de papa. El tape se hizo con azadón, con una capa de tierra que cubra la semilla. Las labores de rascadillo y aporque se hicieron con azadón a los 45 y 60 días después de la siembra. Para el control de gusano blanco, pulgillas, trips y moscas minadoras, a partir de la emergencia del cultivo, se utilizó insecticidas recomendados por las casas comerciales de la zona. Para el control de lancha se usó fungicidas sistémicos y de contacto cada 10 o 15 días después de la emergencia. La cosecha fue manual y se realizó cuando la piel del tubérculo estuvo firme.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Para la preparación del suelo, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua, 15 días antes de la siembra. La fertilización química se aplicó de acuerdo con el análisis químico completo del suelo. La fertilización recomendada fue 120–300–60–30 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O-S. En el momento de la siembra se aplicó, al fondo del surco y a chorro continuo, el 40% de N y el 100% de P₂O₅-K₂O-S; se tapó el fertilizante con una capa de suelo para evitar el contacto con los brotes del tubérculo semilla. Un mes antes de la siembra se realizó el trapeo para monitorear la población de insectos adultos del gusano blanco, colocando trampas de follaje de papa en una densidad de 80 trampas ha⁻¹, aplicando al follaje el insecticida Acefato en dosis de 2 g l⁻¹ de agua; estas trampas se cubrieron con cartones, mismas que fueron evaluadas cada 8 días para monitorear el número de adultos y el cambio de follaje. Después de los 15 días de preparado el terreno se procedió a sembrar la papa, para lo cual se hizo surcos a una profundidad de 0.30 m con azadones, la distancia de 0.40 entre plantas a un metro entre surcos. Se utilizó semilla de la variedad de Superchola depositando un tubérculo de 60 gramos de peso; el tape se hizo con azadones con una capa de tierra no superior al doble del tamaño de la semilla. Las labores de rascadillo y aporque se hicieron a los 45 y 60 días después de la siembra, con azadones. En el momento del rascadillo se aplicó el 60% de N restante en banda lateral y se tapó con suelo con la labor del medio aporque. El combate de insectos plagas, como gusano blanco, pulgilla y trips, se realizó con el uso de insecticidas de sello azul como el Acefato en dosis de 2 g l⁻¹ de agua. Para la lancha, se aplicó el principio de manejo integrado del cultivo, época de siembra, semilla de calidad, fungicidas de contacto y sistémicos de sello verde como Cimoxanil, Clorothalonil y Propineb, en dosis de 2.5 g l⁻¹ de agua. La cosecha fue manual y se realizó en la fase de madurez fisiológica. En los tratamientos sin residuo se procedió a retirar el follaje de la cosecha a un costado de la parcela; en cambio, en el caso de los tratamientos con residuo los restos de la cosecha se dejaron en el mismo sitio como cobertura del suelo.

Para el cultivo de avena-vicia

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

La preparación del suelo se realizó 15 días antes de la siembra y se removió el suelo con azadón con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó al voleo, mezclando 45.45 kg ha⁻¹ de avena variedad INIAP 82 y 12 kg ha⁻¹ de vicia variedad común,

alcanzando una dosis de 57.45 kg ha⁻¹ de la mezcla. La fertilización se realizó con 50 kg ha⁻¹ de 10-30-10 y 50 kg ha⁻¹ de Urea, que alcanzó una dosis de 100 kg ha⁻¹; se tapó la semilla con azadón. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades durante el ciclo. La cosecha o corte fue manual y se realizó al inicio de la floración; el forraje se cortó y se sacó de la parcela experimental para la alimentación de animales y venta.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

En la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparecen en forma espontánea. Se realizó la fertilización en dosis de 150 kg ha⁻¹ de 18-46-00 a la siembra y 100 kg ha⁻¹ de Urea al macollamiento. La siembra se realizó al voleo en dosis de 120 kg ha⁻¹ de avena-vicia (80 kg ha⁻¹ de avena y 40 kg ha⁻¹ de vicia), utilizando la semilla de avena variedad INIAP 82 y la vicia variedad común, tapando la semilla con azadón. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades. La cosecha o corte fue manual y se realizó al inicio de la floración; en los tratamientos sin residuo se cortó el forraje y se sacó de la parcela experimental para la alimentación de animales bovinos y venta, mientras que en los tratamientos con residuo se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo.

Para el cultivo de arveja

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

La preparación del suelo en las parcelas que corresponde a labranza convencional, 15 días antes de la siembra, se realizó a través del repique con azadón. Se realizó la fertilización con 100 kg ha⁻¹ de 8-20-20, la misma que se aplicó antes de la siembra de la semilla. Para la siembra se realizaron surcos con azadón y se puso cuatro semillas por sitio, a una distancia de 0.25 m entre plantas y 0.60 m entre surcos. La variedad utilizada para la siembra fue INIAP-Blanquita, en dosis de 120 kg ha⁻¹. El tape de la semilla fue con azadón, procurando que la capa de tierra no sea mayor al doble de diámetro de la semilla. Las labores culturales fueron el rascadillo y deshierba a los 30 a 60 días después de la siembra para quitar las malezas en forma manual. El combate de insectos plaga como trozadores (*Agrotis sp*) y pulgón (*Macrosipum pisi*) se realizó con el uso de insecticidas de sello amarillo como Cipermetrina en dosis de 500 cc 200 l⁻¹ de agua. La cosecha fue manual y se realizó cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica. Se cosechó las vainas y el resto de la planta se sacó a un costado fuera de la parcela.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Para la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua con la finalidad de controlar las malezas. Se realizó la fertilización con 200 kg ha⁻¹ de 18-46-00. Para la siembra, se utilizó un espeque con el cual se hizo el hoyo y se aplicó cuatro semillas por sitio; la distancia de siembra fue de 0.25 m entre plantas y 0.60 m entre surcos. La variedad utilizada para la siembra fue INIAP-Blanquita, en dosis de 120 kg ha⁻¹. El tape de la semilla fue con la mano, procurando que la capa de tierra no sea mayor al doble de diámetro de la semilla. Las labores culturales que se realizaron fueron el rascadillo y deshierba a los 30 y 60 días después de la siembra. El combate de insectos plaga como trozadores (*Agrotis sp*) y pulgón (*Macrosipum pisi*), se realizó con el uso de insecticidas de sello azul como el *Carbaryl* en dosis de 500 cc 200 l⁻¹ de agua o *Clorpirifos* en dosis de 300 cc 200 l⁻¹ de agua. La cosecha fue manual y se realizó cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez fisiológica. En los tratamientos con residuo solo se cosecharon las vainas y el resto de la planta se dejó en el mismo sitio como cobertura del suelo, y en los tratamientos sin residuo se cosecharon las vainas y el resto de la planta se sacó a un costado fuera de la parcela.

Para el cultivo de maíz

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

La preparación del suelo se realizó con 15 días antes de la siembra y se removió el suelo con yunta, con la finalidad de controlar las malezas que aparecen en forma espontánea. Para la siembra se utilizó la variedad INIAP-103 Mishqui Sara en dosis de 120 kg ha⁻¹. La distancia de siembra fue de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre sitios, depositando por sitio 3 semillas; los surcos se realizaron con azadón. Las labores de rascadillo y deshierba se realizaron con azadón a los 45 días cuando el maíz tuvo entre 4 y 6 hojas verdaderas. La fertilización fue de 150 kg ha⁻¹ de 10-30-10 a la siembra y 100 kg ha⁻¹ de Urea. Al momento de la siembra se aplicó el 50% de Urea y la totalidad del 10-30-10, mientras que el otro 50% de Urea a los 45 días después de la siembra (antes de la floración masculina). El control de insectos plaga como pulgones (*Macrosipum pisi*) y trozadores (*Agrotis sp*), se realizó utilizando insecticidas recomendados por las casas comerciales de la zona. La cosecha fue manual y se realizó cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez comercial. Se cosechó los choclos y el resto de la planta se sacó a un costado fuera de la parcela.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Para la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua con la finalidad de controlar las malezas. La distancia de siembra fue de 0.80 m entre surcos y 0.50 m entre sitios, depositando 3 semilla por sitio; los hoyos en labranza reducida se realizaron con espeque. Si utilizó la variedad INIAP-103 "Mishqui Sara" en una dosis de 120 kg ha⁻¹. En las labores de rascadillo y deshierba se aplicó atrazina en dosis de 1 kg ha⁻¹ como herbicida selectivo. La fertilización aplicada fue de 80-60-20-20 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O-S; el 50% de Nitrógeno se aplicó al momento de la siembra con la totalidad de Fosforo, Potasio y Azufre, mientras que el otro 50% del Nitrógeno se aplicó a los 45 días después de la siembra (antes de la floración masculina). El control de insectos plaga como pulgón (*Macrosipum pisi*), trozadores (*Agrotis sp*), barrenador de tallo (*Diatraea spp*) y Afidos (*Myzus persicae*), se realizó únicamente cuando fue necesario con el uso de insecticidas de sello azul como el *Carbaryl* en dosis de 2.5 cc l⁻¹ de agua o *Clorpirifos* en dosis de 1.5 cc l⁻¹ de agua. La cosecha fue manual y se realizó cuando el cultivo estuvo en la fase de madurez comercial; en los tratamientos con residuo se cosecharon los choclos y el resto de la planta se dejó en el mismo sitio como cobertura del suelo, y en los tratamientos sin residuo se cosecharon los choclos y el resto de la planta se sacó fuera de la parcela.

Para el cultivo de pastos

a. Manejo convencional del cultivo (parcela testigo)

La preparación del suelo se realizó con 15 días antes de la siembra y se removió el suelo con azadón, con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó con una mezcla forrajera en dosis de 52 kg ha⁻¹ (48 kg ha⁻¹ de gramíneas y 4 kg ha⁻¹ de leguminosas) y al voleo. Para el mantenimiento de las pasturas se aplicó 50 kg ha⁻¹ de Urea después de la cosecha del pasto. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades. A los 90 días después de la siembra se realizó la primera cosecha de todas las parcelas netas; el forraje se cortó y se utilizó para la alimentación de animales bovinos, fuera de las parcelas; para los siguientes cortes se puso a los animales directamente para su aprovechamiento dentro de las parcelas luego de haber tomado las muestras para determinar el rendimiento.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Para la preparación del suelo, 15 días antes de la siembra, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua con la finalidad de controlar las malezas. La siembra se realizó con una mezcla forrajera en dosis de 52 kg ha⁻¹ (48 kg ha⁻¹ de gramíneas y 4 kg ha⁻¹ de leguminosas) y al voleo. No se aplicó fertilizante completo a la siembra; sin embargo, para el mantenimiento de las pasturas se aplicó 100 kg ha⁻¹ de Urea después de la cosecha del pasto. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades. A los 90 días después de la siembra se realizó la primera cosecha de todas las

parcelas netas; para los tratamientos con remoción se cortó el forraje y se sacó del ensayo, para la alimentación de animales bovinos, mientras que en los tratamientos sin remoción se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

4.1. Rendimientos de papa, avena-vicia, arveja, maíz suave y pasto en t ha⁻¹

Los análisis de varianza de las variables en estudio se muestran en la Tabla 6. Para el caso de la variable rendimiento en t ha⁻¹ de papa 2015, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas ($Pr \leq 0.05$) para el factor labranza; también se observó diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos. El análisis de varianza para la variable rendimiento en t ha⁻¹ de avena-vicia 2016, mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos. Para el caso de la variable rendimiento en t ha⁻¹ de arveja 2016, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para el factor en estudio labranza, así como para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos. El análisis de varianza para la variable rendimiento en t ha⁻¹ de maíz suave en choclo 2017, mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos. El análisis de varianza para la variable rendimiento en t ha⁻¹ de papa 2018, mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para el factor cobertura y diferencias significativas ($Pr \leq 0.05$) para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos. Para el caso de la variable rendimiento en t ha⁻¹ de pasto 2018-2019, el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($Pr \leq 0.01$) para los factores en estudio labranza y cobertura, así como para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos. Lo señalado anteriormente para las variables en estudio, evidencia que los rendimientos de los cultivos de papa, avena-vicia, arveja, maíz y pasto, fueron influenciados por las prácticas de agricultura de conservación evaluadas en relación al testigo.

Los coeficientes de variación de las variables rendimiento en t ha⁻¹ de papa, avena-vicia, arveja, maíz suave en choclo y pasto (Tabla 6), muestran que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en estudio; es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco de los promedios de los tratamientos en estudio con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen, como los procesos que se producen en el suelo.

Tabla 6. Análisis de varianza para evaluar los rendimientos de papa, avena-vicia, arveja, maíz, papa y pasto en t ha⁻¹. Cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2015-2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------|-----------------|--------------|-----------------|
| | | Papa 2015 | Avena-Vicia 2016 | Arveja 2016 | Maíz Suave 2017 | Papa 2018 | Pasto 2018-2019 |
| Repeticiones | 2 | 126.31 ** | 27.53 ns | 5.60 ** | 64.25 ** | 15.43 * | 1.22 ns |
| Labranza (A) | 1 | 22.85 * | 0.42 ns | 9.40 ** | 1.82 ns | 3.35 ns | 32.52 ** |
| Cobertura (B) | 1 | 6.72 ns | 14.90 ns | 1.36 ns | 2.08 ns | 44.39 ** | 56.54 ** |
| A x B | 1 | 2.31 ns | 7.86 ns | 0.06 ns | 4.63 ns | 2.73 ns | 1.21 ns |
| T(1-4) vs T5 | 1 | 52.57 ** | 585.88 ** | 11.95 ** | 179.61 ** | 26.85 * | 381.29 ** |
| Error experimental | 8 | 4.16 | 28.53 | 0.32 | 4.82 | 2.98 | 117.89 |
| Total | 14 | | | | | | |
| CV (%) | | 12.55 | 12.32 | 9.62 | 11.28 | 21.37 | 2.70 |
| Promedio t ha⁻¹ | | 16.25 | 43.35 | 5.89 | 19.46 | 8.08 | 37.31 |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

** Estadísticamente altamente significativo (P≤0.01); * Estadísticamente significativo (P≤0.05); ns estadísticamente no significativo (P≥0.05).

En la Tabla 7 se muestran los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables rendimiento de papa, avena-vicia, arveja, maíz suave en choclo y pasto en t ha⁻¹.

En la variable rendimiento de papa 2015 en t ha⁻¹, la labranza reducida se reporta en el rango *a* y fue superior en 17% al rendimiento obtenido con la labranza convencional, que se reporta en el rango *b*. Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de papa de 37% en relación al testigo. En la variable rendimiento de avena-vicia 2016 en t ha⁻¹, se debe señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de avena-vicia de 51% en relación al testigo. En la variable rendimiento de arveja 2016 en t ha⁻¹, la labranza reducida se reporta en el rango *a* y fue superior en 32% al rendimiento obtenido con la labranza convencional, que se reporta en el rango *b*. Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de arveja de 54% en relación al testigo. En la variable rendimiento de maíz suave en choclo 2017 en t ha⁻¹, se debe señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de maíz suave en choclo de 69% en relación al testigo. En la variable rendimiento de papa 2018 en t ha⁻¹, la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 19% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*. Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de papa de 18% en relación al testigo. Finalmente, en la variable rendimiento de pasto 2018-2019 en t ha⁻¹, la labranza reducida se reporta en el rango *a* y fue superior en 9% al rendimiento obtenido con la labranza convencional, que se reporta en el rango *b*; la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 12% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*. Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de papa de 46% en relación al testigo.

Del análisis de los resultados obtenidos para las variables de rendimiento, se puede señalar enfáticamente que el realizar una labranza reducida y mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuye a incrementar los rendimientos de papa, avena-vicia, arveja, maíz suave en choclo y pasto. La experiencia que se obtuvo en esta investigación es que las prácticas de agricultura de conservación mostraron sus beneficios en los rendimientos en el mediano plazo de evaluación (4 años) y que se considera que los beneficios absolutos se pueden conseguir en el largo plazo, tal como lo señalan Jat *et al.* (2012), quienes indican que las prácticas de agricultura de conservación sí afectan positivamente los rendimientos de los cultivos en el mediano y largo plazo.

Tabla 7. Promedios y pruebas de LSD al 5% para las variables rendimiento total en t ha⁻¹ de los cultivos de papa, avena-vicia, arveja, maíz, papa y pasto. Cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2015-2019.

| Factores en estudio | Rendimiento en t ha ⁻¹ | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | Papa 2015 | Avena-Vicia 2016 | Arveja 2016 | Maíz Suave 2017 | Papa 2018 | Pasto 2018-2019 |
| Labranza: | | | | | | |
| Convencional | 15.81 b | 46.67 a | 5.45 b | 21.58 a | 21.51 a | 38.18 b |
| Reducida | 18.57 a | 46.29 a | 7.22 a | 20.81 a | 22.57 a | 41.48 a |
| Cobertura: | | | | | | |
| Sin residuo | 16.44 a | 45.36 a | 5.99 a | 20.79 a | 20.12 b | 37.66 b |
| Con residuo | 17.94 a | 47.59 a | 6.67 a | 21.61 a | 23.97 a | 42.00 a |
| Labranza por Cobertura: | | | | | | |
| Convencional-sin residuo | 14.62 a | 46.36 a | 5.04 a | 20.55 a | 20.07 a | 36.33 a |
| Convencional-con residuo | 16.99 a | 46.97 a | 5.85 a | 22.62 a | 22.96 a | 40.04 a |
| Reducida-sin residuo | 18.26 a | 44.37 a | 6.95 a | 21.01 a | 20.17 a | 38.99 a |
| Reducida-con residuo | 18.88 a | 48.21 a | 7.48 a | 20.60 a | 24.97 a | 43.96 a |
| Testigo versus el Resto | | | | | | |
| Testigo | 12.51 b | 30.85 b | 4.10 b | 12.54 b | 18.70 b | 27.23 b |
| Resto de tratamientos | 17.19 a | 46.48 a | 6.33 a | 21.19 a | 22.04 a | 39.83 a |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo; Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo; Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05).

4.2. Costos y beneficios en USD ha⁻¹ por la rotación

Los análisis de varianza de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ (Tabla 8) mostraron diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos en la variable beneficio bruto; para el factor labranza y la comparación ortogonal testigo versus el resto en la variable costo total; y para los factores labranza y cobertura, y la comparación ortogonal testigo versus el resto en la variable beneficio neto. En cambio, para los factores labranza y cobertura en la variable beneficio bruto, el análisis de variancia mostró diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). Lo señalado anteriormente para las variables en estudio, evidencia que los costos y beneficios de los cultivos de papa 2015, avena-vicia 2016, arveja 2016, maíz suave en choclo 2017, papa 2018 y pasto 2018-2019, fueron influenciados por las prácticas de agricultura de conservación evaluadas en relación al testigo.

Los coeficientes de variación de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ (Tabla 8), muestra que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en estudio.

Tabla 8. Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2015-2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|
| | | Beneficio Bruto | Costo Total | Beneficio Neto |
| Repeticiones | 2 | 28412276.07 ** | 467209.40 * | 21976449.27 ** |
| Labranza (A) | 1 | 12330241.33 * | 1742694.08 ** | 23343930.75 ** |
| Cobertura (B) | 1 | 21200208.33 * | 231574.08 ns | 25863224.08 ** |
| A x B | 1 | 150528.00 ns | 35316.75 ns | 40020.75 ns |
| T(1-4) vs T5 | 1 | 136655041.67 ** | 5223270.15 ** | 88444756.82 ** |
| Error experimental | 8 | 1324294.48 | 62285.57 | 1019614.60 |
| Total | 14 | | | |
| CV (%) | | 4.66 | 2.41 | 7.04 |
| Promedio USD ha⁻¹ | | 24691 | 10349 | 14342 |

Fuente: INIAP, 2015-2019.

** Estadísticamente altamente significativo ($P \leq 0.01$); * Estadísticamente significativo ($P \leq 0.05$); ns estadísticamente no significativo ($P \geq 0.05$).

Los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ se muestran en la Tabla 9.

En la variable beneficio bruto en USD ha⁻¹, labranza reducida y cobertura con residuo se reportaron en el rango *a* y fueron superiores en 8% y 11% al beneficio bruto obtenido con la labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente, que se reportaron en el rango *b* (Tabla 9). Se debe indicar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el beneficio bruto de 40% en relación al testigo, dado principalmente por los mejores rendimientos obtenidos con la práctica labranza reducida y cobertura con residuo que forman parte de las prácticas consideradas como agricultura de conservación en relación al testigo.

En la variable costo total en USD ha⁻¹, labranza convencional se reportó en el rango *a* y fue superior en 7% al costo total obtenido con la labranza reducida, que se reportaron en el rango *b* (Tabla 9). Se debe indicar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el costo total de 16% en relación al testigo, dado principalmente por los costos de la práctica labranza convencional y cobertura sin residuo que forman parte de las prácticas consideradas como agricultura de conservación en relación al testigo.

Para la variable beneficio neto en USD ha⁻¹, la labranza reducida y cobertura con residuo se reportaron en el rango *a* y fueron superiores en 20% y 21% al beneficio neto obtenido con la

labranza convencional y cobertura sin residuo, respectivamente, que se reportaron en el rango *b* (Tabla 9). Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el beneficio neto de 64% en relación al testigo.

Tabla 9. Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Cuenca alta del río Paute, provincia de Cañar-Ecuador, 2015-2019.

| Tratamientos en estudio | Beneficio Bruto (USD ha ⁻¹) | Costo Total (USD ha ⁻¹) | Beneficio Neto (USD ha ⁻¹) |
|--------------------------------|--|--|---|
| Labranza: | | | |
| Convencional | 25187 b | 11025 a | 14162 b |
| Reducida | 27214 a | 10263 b | 16951 a |
| Cobertura: | | | |
| Sin residuo | 24871 b | 10783 a | 14088 b |
| Con residuo | 27530 a | 10505 a | 17024 a |
| Labranza por Cobertura: | | | |
| Convencional-sin residuo | 23746 a | 11110 a | 12636 a |
| Convencional-con residuo | 26628 a | 10941 a | 15687 a |
| Reducida-sin residuo | 25997 a | 10456 a | 15541 a |
| Reducida-con residuo | 28431 a | 10070 a | 18361 a |
| Testigo versus el Resto | | | |
| Testigo | 18655 b | 9169 b | 9486 b |
| Resto de tratamientos | 26200 a | 10644 a | 15556 a |

Fuente: INIAP, 2015-2019

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo; Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo; Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05).

Del análisis de los resultados de las variables relacionadas con los costos y beneficios de los factores en estudio evaluados se puede señalar que los mejores beneficios brutos y beneficios netos en USD ha⁻¹ por ciclos de cultivo en rotación se pueden obtener cuando se realiza labranza reducida y cuando se mantiene el suelo con residuos, en donde la avena-vicia es un cultivo de cobertura muy relevante. El uso de la labranza reducida y la cobertura con residuo permite disminuir los costos totales en USD ha⁻¹ en comparación al uso de labranza convencional y cobertura sin residuo.

5. CONCLUSIONES

La investigación sobre la “Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la cuenca alta del río Paute”, permite concluir que los tratamientos de agricultura de conservación muestran mayores rendimientos en los cultivos en rotación: papa 2015, avena-vicia 2016, arveja 2016, maíz suave en choclo 2017, papa 2018 y pasto 2018-2019 en comparación con el tratamiento testigo del agricultor. Los factores en estudio labranza reducida y cobertura con residuo muestran un beneficio positivo en los rendimientos a medida que se avanza en la evaluación de los cultivos en rotación, en comparación con los factores labranza convencional y cobertura sin residuo.

Aunque los agricultores de la cuenca alta del río Paute son conscientes de los beneficios ambientales de las prácticas de agricultura de conservación, las consideraciones económicas son los principales motores para adoptar estas prácticas o no. Ha sido importante, entonces, que los ciclos de cultivo: papa 2015, avena-vicia 2016, arveja 2016, maíz suave en choclo 2017, papa 2018 y pasto 2018, muestren evidencias ciertas de los beneficios de la labranza reducida y cobertura con residuos, para mejorar la sostenibilidad de sus sistemas de cultivo.

6. LITERATURA CITADA

- Alwang, J.; Norton, G.; Barrera, V. and Botello, R. 2013. *Conservation Agriculture in the Andean Highlands: Promise and Precautions*. In S. Mann (ed.), *The Future of Mountain Agriculture*, Springer Geography, DOI: 10.1007/978-3-642-33584-6_3, _ Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- Barrera, V.; Escudero, L.; Alwang, J.; Andrade, R. 2012. *Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands*. *Agricultural Sciences*. Vol. 3, No. 5, 768-779 (2012).
- Barrera, V.; Alwang, J.; Cruz, E.; Escudero, L. and Monar, C. 2010. *Experiences in integrated management of natural resources in the sub-watershed of the Chimbo River, Ecuador*. *American Society of Agricultural and Biological Engineers- 21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment* (p. 20). Costa Rica: Universidad Earth.
- Barrera, V.; León-Velarde, C.; Grijalva, J. y Chamorro, F. 2004. *Manejo del Sistema de Producción "Papa-Leche" en la Sierra ecuatoriana: Alternativas Tecnológicas*. Editorial ABYA-YALA. Boletín Técnico No. 112. INIAP-CIP-PROMSA. Quito, Ecuador. 196 pp.
- Cañadas, L. 1983. *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Programa Nacional de Regionalización -PRONAREG- y Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAG. Quito, Ecuador.
- CIGEA, 2007. *Estrategia Ambiental Nacional (2007-2010). Principios en los que se refleja explícitamente la producción más limpia*. Disponible en: www.medioambiente.gub.ve/uptpml/files/Clase16.pdf
- Escudero, L.; Delgado, J.; Monar, C.; Valverde, F.; Barrera, V.; Alwang, J. 2014. *A New Nitrogen Index for Assessment of Nitrogen Management of Andean Mountain Cropping Systems of Ecuador*. *Soil Science* 2014; 179: 130-140.
- FAO. 2010. *La deforestación continúa a un ritmo alarmante*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado 9 de noviembre 2010. Disponible <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/1000127/index.html>
- GADC. 2015. *Plan Estratégico del Cantón Azogues, 2015*. Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Azogues, Provincia de Cañar.
- Jat, R.; Wani, S. and Sahrawat, K. 2012. *Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems*. *Advances in Agronomy*, 17, 191-273.
- MAE. 2012. *Informe de avances en el Plan de Forestación del Ministerio del Ambiente*. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ec/userfiles/37/file/%20PLAN%20NACIONAL%20DE%20FORESTACION%20Y%20REFORESTACION/INFORME%20DE%20AVANCES%20EN%20EL%20PLAN%20DE%20FORESTACION.pdf>. 4 pp.
- Monar, C.; Saavedra, A.; Escudero, L.; Delgado, J.; Alwang, J.; Barrera, V.; Botello, R. 2013. *Positive impacts in soil and water conservation in an Andean region of South America: Case scenarios from a US Agency for International Development multidisciplinary cooperative project*. *Journal of Soil and Water Conservation* 68(1):25A-30A (2013).

Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Blanco

1. ANTECEDENTES

Según FAO (2010), la superficie forestal mundial se reduce cada año en unos 13 millones de hectáreas a causa de la deforestación. América del Sur sufrió la más importante pérdida neta de bosques entre el 2000 y 2010, siendo de 4.3 millones de hectáreas al año. Este fenómeno ha desencadenado problemas como la degradación de los recursos naturales, pérdida de la biodiversidad, deterioro del suelo, disminución de los recursos hídricos, reducción de sumideros de carbono, que merecen una inmediata atención que permita mejorar la sostenibilidad del ambiente (Alwang *et al.*, 2013). En Ecuador, la tala indiscriminada de los bosques naturales y de continuar este ritmo de deforestación, las reservas forestales para el año 2030 habrán desaparecido, principalmente por la ampliación de la frontera agrícola con el establecimiento de sistemas en unicultivos, que han demostrado poca sostenibilidad y desastres en cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades y el ambiente (MAE, 2012).

El Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA, 2007) señala que vastas zonas de pendiente han sido empleadas para la producción agropecuaria. De esta manera, se inicia el proceso de pérdida de la biodiversidad (capital Natural). Adicionalmente, el recurso suelo es explotado hasta un punto más allá del cual, actividades como el exceso de pastoreo del ganado, producción agrícola en áreas marginales, deforestación, etc., afectan la capacidad regenerativa de algunas especies vegetales, que conllevan no solo a la degradación del capital Natural sino además repercusiones socioeconómicas en las familias campesinas (Barrera *et al.*, 2012).

Lo anteriormente señalado se puede observar en la microcuenca del río Blanco, en donde se encuentra localizada la parroquia Quimiag que tiene 5257 habitantes, mismos que dependen fundamentalmente de las actividades agropecuarias, donde predominan las áreas dedicadas a los productos que se cultivan para la venta y consumo familiar tales como: papa, maíz, haba, cebada, fréjol, alfalfa, cebada, ocas, mellocos, avena, zanahoria, cilantro y col (Proyecto de Manejo de los Recursos Naturales de Chimborazo, 2013). Esta situación define el alto grado de vulnerabilidad y de riesgo social y económico que puede provocarse como consecuencia del manejo inadecuado del capital Natural, su degradación o efectos del cambio climático. En la microcuenca del río Blanco las áreas boscosas casi han desaparecido y el mal manejo del sistema de producción basado en los cultivos de papa y pastos muestran el siguiente esquema: siembra de papa, maíz, haba en los meses de febrero-marzo, con el inicio de las lluvias, y su ciclo de cultivo es de aproximadamente 7 meses (agosto-septiembre), en el caso de la papa y maíz, y de la haba de cinco meses; a partir de los meses de agosto-septiembre, dejan en barbecho hasta el mes de diciembre; finalmente, luego del ciclo de cultivos lo dejan sin uso por espacio de 3 a 5 años, o en su defecto establecen pasturas para la alimentación animal, el cual dura en el campo aproximadamente tres años. Este sistema de producción, ha promovido el deterioro del capital Natural, especialmente del recurso suelo (PDOT Quimiag, 2015).

En esta microcuenca, los problemas de la contaminación por agroquímicos utilizados en forma incontrolada en la producción agrícola, cuyos residuos llegan a las fuentes hídricas por escorrentía; la alarmante reducción del caudal hídrico debido a los grandes procesos de deforestación y ampliación de la frontera agrícola en zonas frágiles y generadoras de aguas como los páramos y las cejas de montañas; la mala administración y uso inadecuado de los recursos naturales; así como la contaminación de estos ríos incide directamente en el deterioro de la calidad de vida y la salud humana de la población, así como en animales y vegetales que consumen el agua, constituyéndose en un medio que transporta enfermedades de tipo bacterial y parasitario, no sólo para Chimborazo, sino que se extiende a toda la gran cuenca del río Chambo.

Ante esta problemática que es recurrente en todas partes de la zona Andina del Ecuador, el INIAP conjuntamente con Organismos Internacionales, Nacionales y locales, a partir del año 2006 hasta septiembre de 2014, implementó un proyecto con un enfoque de manejo integrado de cuencas, que integra en su estudio los capitales: humano, social, cultural, financiero, político, físico y natural (Barrera *et al.*, 2010). Un resultado relevante ha sido disponer de Buenas Prácticas de Manejo (BMP) como la conservación del suelo con la construcción de zanjas de desviación, curvas de nivel, cultivos en fajas, rotación de cultivos, protección de zanjas y curvas de nivel con pasto milín y plantas nativas, plantación de especies nativas en linderos, cortinas rompevientos y barreras vivas, con énfasis en sitios con mayor índice de vulnerabilidad, diversificación del sistema de producción, proceso de manejo integrado de cultivos, épocas de siembra, labranza de conservación (labranza reducida y labranza mínima), reducción del uso de plaguicidas, uso de variedades resistentes de papa, cebada, trigo, quinua y haba, entre otras (Alwang *et al.*, 2013; Barrera *et al.*, 2012).

Los avances conseguidos en relación a la implementación de Buenas Prácticas de Manejo y conservación del suelo, han permitido medir y cuantificar el efecto de éstas sobre la productividad de los sistemas de producción en relación a las características físicas, químicas y biológicas del suelo a mediano y largo plazo, así como la pérdida y el deterioro de las condiciones del suelo, tomando en consideración la evaluación del efecto de la labranza reducida, el uso de suelo, la fertilización y rotación de cultivos: papa-avena vicia-cebada-haba-pasturas (Gallagher *et al.*, 2017; Escudero *et al.*, 2014; Monar *et al.*, 2013). La razón de incluir en la rotación del sistema la avena-vicia y el haba, se debe a que la cosecha de papa -en los meses de julio-agosto- coincide con el período de verano, en donde se observó la presencia de fuertes vientos de hasta 35 km hora⁻¹, y en el cual los productores dejaban el suelo en descanso o cultivaban variedades nativas de papa que no les proveía cosechas con suficiente producción para su seguridad alimentaria y peor aún ingresos económicos extras; esto permitió tener cubierto el suelo con cultivos que promovieron un mejor uso del suelo y mejores ingresos económicos para las familias de la zona (Barrera *et al.*, 2012).

Los resultados positivos de la experiencia de trabajo en la subcuenca del río Chimbo, también se replicó en las microcuencas del río Sicalpa y Cuenca Alta del río Paute, principalmente con prácticas que incluyen el manejo integrado del cultivo, el aprovechamiento racional de los recursos naturales locales, la capacitación y empoderamiento de los beneficiarios/as, con lo que se contribuyó a la sostenibilidad en los ámbitos social, cultural, político, físico, financiero, humano y natural a mediano y largo plazo. El propósito final, fue mejorar la productividad de los sistemas de producción a pequeña escala, en vez de sistemas extensivos y poco sostenibles, que incluyen cada vez el avance de la frontera agrícola y la destrucción de los recursos naturales (Informe Anual, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General:

Determinar las mejores prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Blanco.

2.2. Objetivos Específicos:

- Evaluar a mediano plazo (cuatro años) el efecto de las prácticas de conservación, los sistemas de labranza, la cobertura del suelo y rotaciones de los cultivos prevalentes en la microcuenca del río Blanco, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- Evaluar a mediano plazo (cuatro años) el efecto de las prácticas de conservación, los sistemas de labranza, la cobertura del suelo y rotaciones de los cultivos prevalentes en la microcuenca del río Blanco, sobre el rendimiento de los cultivos.
- Determinar económicamente las mejores prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Blanco.

3. MÉTODOLÓGIA

3.1. Características del sitio experimental

Tabla 1. Ubicación de los sitios experimentales en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| | |
|---------------------|---------------------|
| Provincia | Chimborazo |
| Cantón | Riobamba |
| Parroquia | Quimiag |
| Sitio | Comunidad Puculpala |
| Altitud | 2874 |
| Latitud UTM | 9814175 |
| Longitud UTM | 768788 |

Fuente: Datos tomados por equipo técnico con GPS, 2019.

Tabla 2. Características edafológicas climáticas de los sitios experimentales en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| | |
|----------------------------------|------------------------|
| Zona climática | Mesotérmico semihúmedo |
| Temperatura promedio | 15 a 22 °C |
| Precipitación media anual | 500 a 2000 mm |
| Humedad relativa promedio | 70% |
| Pendiente | 50 al 70% |
| Tipo de suelo | Andisoles |

Fuente: Cañadas, 1983; Datos tomados por equipo técnico, 2019.

Tabla 3. Taxonomía de suelo de los sitios experimentales en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Clasificación | Descripción |
|----------------------|---------------------|
| Orden | Andisoles |
| Suborden | Udands |
| Gran grupo | Haplustands |
| Subgrupo | Thaptic Haplustands |

Fuente: Departamento de Suelos y Aguas EESC del INIAP, 2019.

3.2. Factores en estudio

Factor A: Conservación de suelos: (A₁= Con zanjas de desviación; A₂= Sin zanjas de desviación).

Factor B: Tipos de labranza: (B₁= Labranza convencional; B₂= Labranza reducida).

Factor C: Cultivos de cobertura: (C₁= Sin residuo; C₂= Con residuo).

3.3. Unidad experimental

- Número de repeticiones: 3
- Número de tratamientos: 9
- Número de unidades experimentales (parcelas): 27
- Área total por parcela: 6 m x 12 m: 72 m²
- Área total del experimento: 72 m² x 27 parcelas: 1944 m²
- Área total del ensayo incluidos caminos: (74 m x 42 m) 3108 m²

Para el caso del cultivo de papa

- Área total de parcela: 72 m²
- El número de surcos por parcela total: 12
- Número de surcos por parcela neta: 8

- Densidad de sitios por surco: 15
- Distancia entre surcos: 1 m
- Distancia entre plantas: 0.40 m
- Área neta por parcela: 32 m²

Para el caso del cultivo de avena-vicia forrajera

- Área total de parcela: 72 m²
- Área neta por parcela: 40 m²
- La siembra se realizó al boleó

3.4. Tratamientos

Los tratamientos en estudio constan en la Tabla 4. Los tratamientos T₁ a T₈ son propuestas de agricultura de conservación, priorizando la tecnología de manejo de INIAP en cada cultivo.

Tabla 4. Tratamientos en estudio y ciclos de evaluación en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Tratamientos en estudio | Ciclos de evaluación | | | | | | |
|---|----------------------|-------------|------|------|--------|------|---------|
| | 1ro | 2do | 3ro | 4to | 5to | 6to | 7mo |
| T ₁ = Con zanjás, labranza convencional, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₂ = Con zanjás, labranza convencional, con residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₃ = Con zanjás, labranza reducida, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₄ = Con zanjás, labranza reducida, con residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₅ = Sin zanjás, labranza convencional, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₆ = Sin zanjás, labranza convencional, con residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₇ = Sin zanjás, labranza reducida, sin residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₈ = Sin zanjás, labranza reducida, con residuo | Papa | Avena-vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |
| T ₉ = Testigo (manejo de los cultivos por el agricultor) | Papa | Avena-Vicia | Maíz | Haba | Cebada | Papa | Pastura |

Fuente: INIAP, 2019.

Sin residuo = corta y alimenta los animales o vende; Con residuo = corta y deja en la superficie del suelo.

3.5. Diseño experimental

Se aplicó el diseño de Bloques Completamente al Azar “DBCA” en arreglo de Parcela Dividida, en donde el factor A corresponde a la parcela principal y los factores B y C como parcela dividida sobre el factor A, con tres repeticiones por tratamiento.

3.6. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados a través de un DBCA en arreglo de Parcela Dividida, en donde el factor A corresponde a la parcela principal y los factores B y C como parcela dividida sobre el factor A, con tres repeticiones por tratamiento, que están representadas por tres sistemas de producción.

Análisis funcional: Análisis de varianza y prueba de LSD al 5% para comparar los niveles de los factores, las interacciones de los factores y la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos.

Tabla 5. Esquema del análisis de varianza del experimento en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|----------------------------------|---------------------------|
| Total | 26 |
| Bloques | 2 |
| Conservación (A) | 1 |
| Error experimental | 2 |
| Labranza (B) | 1 |
| AxB | 1 |
| Cobertura (C) | 1 |
| CxA | 1 |
| CxB | 1 |
| AxBxC | 1 |
| Testigo vs Resto de tratamientos | 1 |
| Error experimental | 14 |

Fuente: INIAP, 2019.

3.7. Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: rendimiento en $t\ ha^{-1}$ de los cultivos en rotación; costos de las prácticas investigadas y de los cultivos en $USD\ ha^{-1}$; y los beneficios en $USD\ ha^{-1}$ basados en la producción de los cultivos en $t\ ha^{-1}$. También se evaluaron las variables de física y química de suelos, que no se presentan en este informe porque no se disponen todavía de los análisis de los períodos de los cultivos de papa y avena-vicia.

La producción de papa fue medida a través de la cosecha de todas las plantas de las parcelas netas: $32\ m^2$ ($8\ m \times 4\ m$). En el caso de avena-vicia, la biomasa fue medida en 5 muestras con un cuadrante de $0.25\ m^2$ de cada parcela.

Los costos de producción tomados en consideración fueron la preparación del suelo, semillas, fertilizantes, plaguicidas, mano de obra, controles fitosanitarios y cosecha. Los precios de cada uno de los insumos utilizados fueron monitoreados en los almacenes expendedores de las ciudades de Chambo y Riobamba. Los precios de venta de los productos cosechados fueron monitoreados cada semana en los mercados locales de Chambo y Riobamba; así, para el caso de papa el precio fue de $440\ USD\ t^{-1}$ y para el forraje fresco de avena-vicia se consideró un precio de $60\ USD\ t^{-1}$.

El beneficio económico de los tratamientos en donde la cobertura fue con residuos de la avena-vicia fue estimado usando un valor asignado como si ésta hubiera sido vendida, ya que, al no ser removida del suelo, no existe un beneficio tangible para los productores; por el contrario, se esperaba que dicho beneficio sea traducido en incremento de los nutrientes del suelo a través del tiempo.

3.8. Manejo específico del experimento

Se basó en las investigaciones del INIAP realizadas para el sistema papa-leche en la Sierra ecuatoriana (Barrera *et al.*, 2004) y en las experiencias en la subcuenca del río Chimbo (Barrera *et al.*, 2010). En la comunidad Puculpala de la microcuenca del río Blanco, se seleccionó un lote de $3108\ m^2$, que estuvo en barbecho por seis años; se tomaron muestras de suelo por cada unidad experimental a dos profundidades de 0-10 cm y de 11-20 cm, al inicio del ensayo y luego de cada cultivo en rotación, para su análisis químico completo y físico en el Laboratorio del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

Trazado de zanjas de desviación de agua

En las parcelas que corresponden al factor A (A_1 = con zanjas), se realizaron cuatro zanjas separadas cada 13 metros con una longitud de 32 metros y una profundidad de 0.50 metros. El trazado se

realizó con la ayuda de un nivel en A, con una pendiente del 1%. En la parte alta del talud se sembraron pasto millín y especies arbóreas nativas y frutales con la finalidad de proteger las zanjas.

Para el cultivo de papa

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

Para la preparación de las parcelas que corresponden a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra se realizaron las labores en el suelo de barbecho con un pique y repique con azadones. Después de los 15 días de preparado el terreno se procedió a sembrar la papa, para lo cual se hicieron surcos con azadones; la distancia entre surcos fue de 1. m y entre plantas de 0.40 m. Se utilizó semilla de la variedad superchola (990 kg ha⁻¹ de semilla), depositando dos tubérculos medianos. La fertilización química se realizó con fertilizante compuesto 18-46-00 al momento de la siembra, en relación de 50 kg ha⁻¹ de abono por 181.80 kg ha⁻¹ de semilla de papa. El tape se hizo con azadón, con una capa de tierra que cubrió la semilla. Las labores de rascadillo y aporque se hicieron con azadón a los 60 y 100 días después de la siembra. Para el control de lancha se usaron fungicidas sistémicos y de contacto cada 10 o 15 días después de la emergencia, y para el control de gusano blanco, pulguillas, trips y moscas minadoras, a partir de la emergencia del cultivo, se utilizaron insecticidas recomendados por las casas comerciales de la zona. La cosecha fue manual y se realizó cuando la piel del tubérculo estuvo firme.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Para la preparación de las parcelas que corresponden a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra se realizaron las labores de barbecho y repique con azadón. En las unidades experimentales con labranza reducida, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua, 15 días antes de la siembra. Un mes antes de la siembra se realizó el trapeo para monitorear la población de insectos adultos del gusano blanco, colocando trampas de follaje de papa en una densidad de 80 trampas ha⁻¹, aplicando al follaje el insecticida Acefato en dosis de 2 g l⁻¹ de agua; estas trampas se cubrieron con cartones mismas que fueron evaluadas cada 8 días para monitorear el número de adultos y el cambio de follaje. Después de 15 días de preparado el terreno se procedió a sembrar la papa, para lo cual se hicieron surcos a una profundidad de 0.30 m y una distancia de 0.40 m entre plantas a 1 m entre surcos. Se utilizó semilla de la variedad Superchola, depositando un tubérculo de 60 gramos de peso; el tape se hizo con hazadón poniendo una capa de tierra que no fue superior al doble del tamaño de la semilla. La fertilización química se aplicó de acuerdo con el análisis químico completo del suelo: 120–300–60–30 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O-S. En el momento de la siembra se aplicó, al fondo del surco y a chorro continuo, el 40% de N y el 100% de P₂O₅-K₂O-S; se tapó el fertilizante con una capa de suelo para evitar el contacto con los brotes del tubérculo semilla. Las labores de rascadillo y aporque se hicieron a los 45 y 60 días después de la siembra, con azadón. En el momento del rascadillo se aplicó el 60% de N restante en banda lateral y se tapó con suelo con la labor del medio aporque. El combate de insectos plagas, como gusano blanco, pulguilla y trips, se realizó únicamente cuando fue necesario, con el uso de insecticidas de sello azul como el Acefato en dosis de 2 g l⁻¹ de agua. Para la lancha, se aplicó el principio de manejo integrado del cultivo, mirando la época de siembra, semilla de calidad, fungicidas de contacto y sistémicos de sello verde como Cimoxanil, Clorothalonil y Propineb, en dosis de 2.5 g l⁻¹ de agua. La cosecha se realizó en la fase de madurez fisiológica. En los tratamientos sin residuo se procedió a retirar el follaje de la cosecha a un costado de la parcela; en cambio, en el caso de los tratamientos con residuo, los restos de la cosecha se dejaron en el mismo sitio como cobertura del suelo. La cosecha fue manual en cada unidad experimental y se registró el peso correspondiente en kg por parcela neta.

Para el cultivo de avena-vicia

a. Manejo convencional del cultivo (testigo)

Quince días antes de la siembra se removió el suelo con azadón, con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. La siembra se realizó al voleo mezclando 45 kg ha⁻¹

¹ de avena y 45 kg ha⁻¹ de vicia, utilizando semilla de avena variedad INIAP 82 y vicia variedad común, alcanzando una dosis de 90 kg ha⁻¹ de la mezcla; se tapó la semilla con azadón. En el testigo del agricultor la fertilización se realizó al momento de la siembra con 50 kg ha⁻¹ de fertilizante 10-30-10 y 50 kg ha⁻¹ de Urea. El rascadillo o aporque se realizó a los 45 días después de la siembra, en forma manual y con azadón. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades. La cosecha o corte se realizó al inicio de la floración; el forraje se cortó y se sacó de las parcelas para la alimentación de animales y venta.

b. Manejo del cultivo con agricultura de conservación

Para la preparación de las parcelas que corresponden a la labranza convencional, 15 días antes de la siembra se realizaron las labores de barbecho y repique con azadón. En las unidades experimentales con labranza reducida, se aplicó glifosato en dosis de 12.5 cc l⁻¹ de agua, 15 días antes de la siembra, con la finalidad de controlar las malezas que aparecieron en forma espontánea. En los tratamientos del T₁ al T₈, se realizó la fertilización con dosis de 150 kg ha⁻¹ de 18-46-00 a la siembra y 100 kg ha⁻¹ de Urea al macollamiento. La siembra se realizó al voleo en dosis de 135 kg ha⁻¹ de avena-vicia (90 kg ha⁻¹ de avena y 45 kg ha⁻¹ de vicia), utilizando la semilla de avena (*Avena sativa L*) variedad INIAP 82 y la vicia (*Vicia sativa L*) variedad común, tapando la semilla con azadón. No se realizó ningún control para plagas y enfermedades. La cosecha o corte se realizó al inicio de la floración; en los tratamientos sin residuo se cortó el forraje y se sacó del ensayo para la alimentación de animales bovinos o venta, mientras que en los tratamientos con residuo se cortó y se dejó en la superficie como cobertura del suelo.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

4.1. Rendimientos de papa y avena-vicia en t ha⁻¹

Los análisis de varianza de las variables en estudio se muestran en la Tabla 6. Para el caso de las variables rendimiento en t ha⁻¹ de papa 2019 y avena-vicia 2019, los análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas altamente significativas (Pr≤0.01) para el factor cobertura y la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos, respectivamente. Lo señalado anteriormente, evidencia que los rendimientos de los cultivos de papa y avena-vicia, fueron influenciados por las prácticas de agricultura de conservación evaluadas en relación al testigo.

Tabla 6. Análisis de varianza para evaluar los rendimientos de papa y avena-vicia en t ha⁻¹. Microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Fuentes de Variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | |
|-----------------------------------|--------------------|------------------|--------------|
| | | Papa | Avena-Vicia |
| Repeticiones | 2 | 140.77 ** | 40.87 ** |
| Conservación (A) | 1 | 1.84 ns | 0.45 ns |
| Error experimental | 2 | 0.14 | 3.39 |
| Labranza (B) | 1 | 1.47 ns | 5.58 ns |
| A x B | 1 | 1.65 ns | 5.97 ns |
| Cobertura (C) | 1 | 24.81 ** | 63.28 ** |
| A x C | 1 | 1.42 ns | 0.49 ns |
| B x C | 1 | 0.67 ns | 0.38 ns |
| A x B x C | 1 | 0.24 ns | 0.04 ns |
| T(1-8) vs T9 | 1 | 207.68 ** | 374.80 ** |
| Error experimental | 14 | 2.14 | 3.92 |
| Total | 26 | | |
| CV (%) | | 21.72 | 27.03 |
| Promedio t ha⁻¹ | | 6.34 | 7.23 |

Fuente: INIAP, 2019.

** Estadísticamente altamente significativo (P≤0.01); * Estadísticamente significativo (P≤0.05); ns estadísticamente no significativo (P≥0.05).

Los coeficientes de variación de las variables rendimiento en t ha⁻¹ de papa y avena-vicia (Tabla 6), muestran que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en estudio; es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco de los promedios de los tratamientos en estudio con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen, como los procesos que se producen en el suelo.

En la Tabla 7 se muestran los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables rendimiento de papa y avena-vicia en t ha⁻¹.

En la variable rendimiento de papa 2019 en t ha⁻¹, la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 9% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*; es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de papa de 64% en relación al testigo. En la variable rendimiento de avena-vicia 2019 en t ha⁻¹, se debe señalar que la cobertura con residuo se reporta en el rango *a* y fue superior en 12% al rendimiento obtenido con la cobertura sin residuo, que se reporta en el rango *b*; las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el rendimiento de avena-vicia de 72% en relación al testigo.

Tabla 7. Promedios y pruebas de LSD al 5% para las variables rendimiento total en t ha⁻¹ de los cultivos de papa y avena-vicia. Microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Factores en estudio | Papa | Avena-Vicia |
|--------------------------------|----------------|----------------|
| Cobertura: | | |
| Sin residuo | 21.69 b | 26.72 b |
| Con residuo | 23.72 a | 29.97 a |
| Testigo versus el Resto | | |
| Testigo | 13.88 b | 16.49 b |
| Resto de tratamientos | 22.71 a | 28.35 a |

Fuente: INIAP, 2019.

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo;

Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo;

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05).

Del análisis de los resultados obtenidos para las variables de rendimiento, se puede señalar preliminarmente que mantener un suelo cubierto con residuo de cosecha y con un cultivo de cobertura como avena-vicia, sí contribuye a incrementar los rendimientos de papa y avena-vicia. La experiencia que se va obteniendo en esta investigación es que las prácticas de agricultura de conservación ya muestran sus beneficios en los rendimientos en el corto plazo de evaluación (un año) y se considera que los beneficios absolutos se pueden conseguir en el mediano y/o largo plazo, tal como lo señalan Jat *et al.* (2012), quienes indican que las prácticas de agricultura de conservación sí afectan positivamente los rendimientos de los cultivos en el mediano y largo plazo.

4.2. Costos y beneficios en USD ha⁻¹ por la rotación

Los análisis de varianza de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ (Tabla 8) mostraron diferencias estadísticas altamente significativas (Pr≤0.01) para el factor cobertura del suelo y para la comparación ortogonal testigo versus el resto de tratamientos en la variable beneficio bruto; para la comparación ortogonal testigo versus el resto en la variable costo total; y para el el factor cobertura del suelo, y la comparación ortogonal testigo versus el resto en la variable beneficio neto. En cambio, para el factor conservación del suelo en las variables beneficio bruto y beneficio neto, los análisis de variancia mostraron diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05). Lo señalado anteriormente para las variables en estudio, evidencia que los costos y beneficios de los cultivos de papa 2019 y avena-vicia 2019, fueron influenciados por las prácticas de agricultura de conservación evaluadas en relación al testigo.

Los coeficientes de variación de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ (Tabla 8), muestra que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en estudio.

Tabla 8. Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios | | |
|-------------------------------------|--------------------|------------------|---------------|----------------|
| | | Beneficio Bruto | Costo Total | Beneficio Neto |
| Repeticiones | 2 | 29437395.37 ** | 63830.78 ** | 26776177.82 ** |
| Conservación (A) | 1 | 404041.50 * | 123123.38 ns | 973245.37 * |
| Error experimental | 2 | 4382.00 | 14569.63 | 33791.63 |
| Labranza (B) | 1 | 455952.67 ns | 5075.04 ns | 557235.37 ns |
| A x B | 1 | 507504.17 ns | 2625.04 ns | 583128.37 ns |
| Cobertura (C) | 1 | 7124240.67 ** | 117.04 ns | 7066605.37 ** |
| A x C | 1 | 320628.17 ns | 315.38 ns | 341055.04 ns |
| B x C | 1 | 158762.67 ns | 3384.38 ns | 115787.04 ns |
| A x B x C | 1 | 50600.17 ns | 70.04 ns | 46905.04 ns |
| T(1-8) vs T9 | 1 | 56295898.07 ** | 2038751.04 ** | 36908186.89 ** |
| Error experimental | 14 | 394855.56 | 4046.89 | 356309.03 |
| Total | 26 | | | |
| CV (%) | | 5.26 | 1.89 | 7.69 |
| Promedio USD ha⁻¹ | | 11180 | 3866 | 7314 |

Fuente: INIAP, 2019.

** Estadísticamente altamente significativo (P<0.01); * Estadísticamente significativo (P<0.05); ns estadísticamente no significativo (P≥0.05).

Los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha⁻¹ de los cultivos en rotación. Microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Tratamientos en estudio | Beneficio Bruto (USD ha ⁻¹) | Costo Total (USD ha ⁻¹) | Beneficio Neto (USD ha ⁻¹) |
|--------------------------------|---|-------------------------------------|--|
| Conservación: | | | |
| Con zanjas de desviación | 11561 b | 4035 a | 7526 b |
| Sin zanjas de desviación | 11821 a | 3892 a | 7929 a |
| Cobertura: | | | |
| Sin residuo | 11146 b | 3961 a | 7185 b |
| Con residuo | 12236 a | 3966 a | 8270 a |
| Testigo versus el Resto | | | |
| Testigo | 7096 b | 3089 b | 4007 b |
| Resto de tratamientos | 11691 a | 3964 a | 7727 a |

Fuente: INIAP, 2019

Sin residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y saca de la superficie del suelo; Con residuo = corta la planta de los cultivos en rotación y deja en la superficie del suelo; Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05).

En la variable beneficio bruto en USD ha⁻¹, la conservación del suelo sin zanjas de desviación de agua y cobertura con residuo se reportaron en el rango *a* y fueron superiores en 2% y 10% al beneficio bruto obtenido con la conservación del suelo con zanjas de desviación de agua y cobertura sin residuo, respectivamente, que se reportaron en el rango *b* (Tabla 9). Se debe indicar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el beneficio bruto de 65% en relación al testigo, dado principalmente por los mejores rendimientos obtenidos

con la práctica labranza reducida y cobertura con residuo que forman parte de las prácticas consideradas como agricultura de conservación en relación al testigo.

En la variable costo total en USD ha⁻¹, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el costo total de 28% en relación al testigo, dado principalmente por los costos de las zanjas de desviación de agua, labranza convencional y cobertura sin residuo que forman parte de las prácticas consideradas como agricultura de conservación con tecnología INIAP en relación al testigo.

Para la variable beneficio neto en USD ha⁻¹, la conservación del suelo sin zanjas de desviación de agua y cobertura con residuo se reportaron en el rango *a* y fueron superiores en 5% y 15% al beneficio neto obtenido con la conservación del suelo con zanjas de desviación de agua y cobertura sin residuo, respectivamente, que se reportaron en el rango *b* (Tabla 9). Es importante señalar que, en promedio, las prácticas de agricultura de conservación, muestran un incremento en el beneficio neto de 93% en relación al testigo.

Del análisis de los resultados de las variables relacionadas con los costos y beneficios de los factores en estudio evaluados se puede señalar que los mejores beneficios brutos y beneficios netos en USD ha⁻¹ por ciclos de cultivo en rotación, hasta la fecha, se pueden obtener cuando se realiza conservación del suelo sin zanjas de desviación de agua y cuando se mantiene el suelo con residuos, en donde la avena-vicia es un cultivo de cobertura muy relevante.

5. CONCLUSIONES

La investigación sobre la “Evaluación de prácticas de agricultura de conservación en el sistema de producción papa-pasto en la microcuenca del río Blanco”, permite concluir, preliminarmente, que los tratamientos de agricultura de conservación muestran mayores rendimientos en los cultivos en rotación: papa 2019 y avena-vicia 2019 en comparación con el tratamiento testigo del productor. Los factores en estudio conservación sin zanjas de desviación y cobertura con residuo muestran un beneficio positivo en los rendimientos a medida que se avanza en la evaluación de los cultivos en rotación, en comparación con los factores conservación con zanjas de desviación y cobertura sin residuo.

6. LITERATURA CITADA

- Alwang, J.; Norton, G.; Barrera, V. and Botello, R. 2013. *Conservation Agriculture in the Andean Highlands: Promise and Precautions*. In S. Mann (ed.), *The Future of Mountain Agriculture*, Springer Geography, DOI: 10.1007/978-3-642-33584-6_3, _ Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.
- Barrera, V.; Escudero, L.; Alwang, J.; Andrade, R. 2012. *Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands*. Agricultural Sciences. Vol. 3, No. 5, 768-779 (2012).
- Barrera, V.; Alwang, J.; Cruz, E.; Escudero, L. and Monar, C. 2010. *Experiences in integrated management of natural resources in the sub-watershed of the Chimbo River, Ecuador*. American Society of Agricultural and Biological Engineers- 21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment (p. 20). Costa Rica: Universidad Earth.
- Barrera, V.; León-Velarde, C.; Grijalva, J. y Chamorro, F. 2004. *Manejo del Sistema de Producción “Papa-Leche” en la Sierra ecuatoriana: Alternativas Tecnológicas*. Editorial ABYA-YALA. Boletín Técnico No. 112. INIAP-CIP-PROMSA. Quito, Ecuador. 196 pp.
- Cañadas, L. 1983. *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Programa Nacional de Regionalización -PRONAREG- y Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAG. Quito, Ecuador.
- CIGEA, 2007. *Estrategia Ambiental Nacional (2007-2010). Principios en los que se refleja explícitamente la producción más limpia*. Disponible en: www.medioambiente.cu/uptpml/files/Clase16.pdf

- Escudero, L.; Delgado, J.; Monar, C.; Valverde, F.; Barrera, V.; Alwang, J. 2014. *A New Nitrogen Index for Assessment of Nitrogen Management of Andean Mountain Cropping Systems of Ecuador*. Soil Science 2014; 179: 130-140.
- FAO. 2010. *La deforestación continúa a un ritmo alarmante*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado 9 de noviembre 2010. Disponible <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2005/1000127/index.html>
- Gallagher, R.; Stehower, R.; Barrera, V.; Alvarado, S.; Escudero, L.; Valverde, F.; Portilla, A.; Domínguez, J. 2017. *Yield and nutrient removal in potato-based Conservation Agriculture cropping systems in the high altitude Andean region of Ecuador*. Published in Agron. J. 109:1-13(2017).
- Jat, R.; Wani, S. and Sahrawat, K. 2012. Conservation agriculture in the semi-arid tropics: prospects and problems. *Advances in Agronomy*, 17, 191-273.
- MAE. 2012. *Informe de avances en el Plan de Forestación del Ministerio del Ambiente*. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ec/userfiles/37/file/%20PLAN%20NACIONAL%20DE%20FORESTACION%20Y%20REFORESTACION/INFORME%20DE%20AVANCES%20EN%20EL%20PLAN%20DE%20FORESTACION.pdf>. 4 pp.
- Monar, C.; Saavedra, A.; Escudero, L.; Delgado, J.; Alwang, J.; Barrera, V.; Botello, R. 2013. *Positive impacts in soil and water conservation in an Andean region of South America: Case scenarios from a US Agency for International Development multidisciplinary cooperative project*. Journal of Soil and Water Conservation 68(1):25A-30A (2013).
- PDOT Quimiag. 2015. *Diagnóstico realizado por el equipo técnico del Gobierno Autónomo Descentralizado de Quimiag*. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Quimiag. Riobamba, Ecuador. 129 pp.
- PROMAREN. 2013. *Plan de Manejo y Cogestión de la Microcuenca del río Zula*. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. Realizado pro equipo técnico de base del GADPCH. Proyecto de Manejo de Recursos Naturales de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 175 pp.

Determinación de los factores que influyen en la decisión de producir, comercializar e industrializar el cacao (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de Manabí-Ecuador

1. ANTECEDENTES

El cacao (*Theobroma cacao* L) es un cultivo tradicional en el Ecuador desde la época de la colonia. Actualmente, el cacao juega un papel importante en la transformación de la matriz productiva del país, preocupación creciente en todos los ámbitos de la sociedad, que trasciende la propia inquietud del gobierno por crear y estimular políticas tendientes a tal fin (Vassallo, 2015).

Su producción está localizada en 23 de sus 24 provincias y se produce como “cultivo solo” o asociado con otras especies. La mayor concentración del cultivo de cacao se encuentra en las provincias del Litoral (Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro), en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes (Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay) y en las provincias del nororiente del Ecuador (Sucumbíos, Orellana y Napo) (CEPAL, 2013). Los datos disponibles según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), realizada en el año 2016, registran a nivel nacional una superficie sembrada de 559617 ha, una superficie cosechada de 454257 ha, una producción de 177551 t y un rendimiento promedio de 0.39 t ha⁻¹. A nivel mundial, en cuanto al rendimiento por hectárea, el Ecuador se encuentra en la séptima posición, ya que sus tasas de rendimiento son bajas, debido a la falta de tecnología, elevado número de plantaciones viejas y baja resistencia del cacao Nacional a las enfermedades y a las plagas (Carrera, 2014).

En el país, este cultivo genera empleo para cerca de 100000 familias de productores, de los cuales, según Vassallo (2015), se estima que el 80% cultiva menos de 10 ha, un 15% entre 10 y 20 ha, y un 5% tiene más de 20 ha. Además, en la cadena del cacao participan otras 20000 familias, lo que equivale a una influencia directa sobre 600000 personas.

En el año 2017, dentro de las exportaciones no petroleras tradicionales, la cadena de valor del cacao fue la tercera más relevante después de banano y plátano y camarón. La producción en ese año fue de 308000 toneladas, con ingresos por concepto de ventas de alrededor de 689 millones de dólares (BCE, 2017).

En el Ecuador se cultivan dos tipos de cacao:

- **Cacao Fino de Aroma**, conocido también como Criollo o Nacional cuyo color característico es el amarillo, posee un aroma y sabor único, siendo esencial para la producción del exquisito chocolate gourmet apetecido a nivel mundial.
- **Cacao CCN-51**, conocido también como Colección Castro Naranjal, cuyo color característico es el rojo. Además, es reconocido por sus características de alto rendimiento para la extracción de semielaborados, ingredientes esenciales para la producción a escala de chocolates y otros.

El Ecuador es el primer país productor mundial de cacao fino y de aroma (produce más del 60% de la producción mundial), utilizado en la fabricación de chocolates de alta calidad (Ramírez, 2006). Es importante señalar que el cacao correspondiente al Oriente y Sur de Manabí, Los Ríos, Norte de Guayas y partes de la Cordillera Occidental, posee un sabor floral de rosas, azahares, jazmín, yerbaluisa y cítricos, los mismos que dan un sabor intenso y se mantienen por mayor tiempo en el paladar. En el Norte de Manabí y Santo Domingo de los Tsáchilas, la producción posee un fuerte sabor de nueces y frutas frescas que se mantiene en el paladar (Carrera, 2014).

En la producción de cacao, durante los últimos 20 años se han observado graves problemas en la base productiva, en el 80% de los pequeños agricultores, lo que ha provocado bajos rendimientos. Entre los principales problemas, se pueden mencionar a la subutilización de los suelos por falta de agua de riego en épocas críticas de verano, limitado uso de la tecnología, malas prácticas de manejo

del cultivo, edad avanzada de las plantaciones, deficientes prácticas de postcosecha, limitaciones de créditos, débil fortalecimiento gremial y escasa asistencia técnica, lo cual ha provocado el deterioro de la calidad del producto. Estos múltiples problemas son factores que han incidido en los rendimientos del cultivo, afectando en forma directa en la economía familiar y calidad de vida de los actores involucrados en la cadena de valor del cultivo de cacao, incrementando la migración y debilitando la capacidad competitiva del cultivo en los mercados internacionales (Loor, 2007).

Desde el punto de vista del nivel tecnológico, se debe admitir que la mayor parte de la producción cacaotera del país proviene de huertas tradicionales manejadas extensivamente, prácticamente sin el uso de tecnologías apropiadas que permitan obtener un mejor rendimiento del cultivo; sin embargo, en el Sur occidente de la cuenca hidrográfica del Guayas, se observan fincas cacaoteras tradicionales con algún nivel de riego complementario por surcos, cuya productividad va más allá del doble del promedio nacional estimado en unos cinco quintales por hectárea, demostrando un modesto grado de avance tecnológico (Amores *et al.*, 2010).

Aún con la aplicación de un alto nivel tecnológico, hay factores (enfermedades o plagas, factores climáticos, etc.), cuyo control se puede ir de las manos. Además, el productor está asediado por la incertidumbre al momento de procesar cualquier decisión de inversión para mejorar el desempeño de su huerta, ya que el cacao es un cultivo normalmente amenazado por enfermedades agresivas, las que sin medidas adecuadas de prevención y control pueden destruir hasta el 90% de la cosecha, en casos extremos (Amores *et al.*, 2010).

Es importante destacar que, si bien se ha generado información relevante sobre algunos eslabones de la cadena de valor del cacao a nivel de país y mundial (Loor, 2007; Amores *et al.*, 2010; Sotomayor, 2011; Carrera, 2014; Vasallo, 2015), hasta la fecha no se dispone de estudios que muestren las potencialidades y limitantes de todos los eslabones de la cadena de valor del cacao en su conjunto, peor aún no se han definido los tipos o grupos de sistemas de producción de cacao. La caracterización y tipificación de los productores de cacao a nivel país permitirá definir y cuantificar los componentes: productivos, socio-económicos y ambientales, así como también las interacciones que en ellos operan. En la actualidad, se asume que existen sistemas de producción denominados según la intensidad de la tecnología: bajos, medios y altos, de los cuales tampoco se conocen las características intrínsecas de cada uno de ellos.

La organización del sector del cacao tiene una variación en los canales de comercialización, por lo que es crucial el estudio de la cadena de valor del cacao que permita entender los diferentes canales. El cacao y sus derivados han experimentado una creciente demanda en el mercado nacional, por lo tanto, sirve como un ejemplo para el surgimiento de mercados de alto valor en los países en desarrollo y los cambios inducidos en las condiciones del mercado, como mejora de la competitividad, a través de métodos de producción eficientes, calidad de los productos, innovación tecnológica y otros factores que mejoran la rentabilidad, como la diferenciación o valor agregado (Porter, 2006).

Muchos autores usan los conceptos de cadena productiva y cadena de valor y, la mayoría de las veces, son empleados como sinónimos. Otros, en cambio, usan cada vocablo para describir diferentes procesos. De acuerdo a la FAO (2006), la diferencia entre cadena productiva y cadena de valor es que la cadena productiva describe las interacciones que se producen en el mercado entre los diferentes actores privados que intervienen, desde la producción hasta el consumo de un bien (dimensión vertical). En cambio, la cadena de valor debe entenderse como una red o alianza estratégica que se establece, formal o informalmente, entre un número de actores empresariales independientes que participan dentro de una o más cadenas productivas, incluyendo algunas ramas de servicio asociadas (dimensión diagonal), con el fin de producir bienes diferenciados y/o especializados, mantener relaciones de cooperación y coordinación sobre bases de reglas de juego explícitas (claramente definidas) e implícitas (arraigadas en la cultura y en la experiencia empresarial).

Porter (2006), establece que la cadena de valor es una herramienta o medio sistemático que permite analizar las fuentes de la ventaja competitiva, es decir, la cadena de valor permite dividir a la empresa en sus actividades estratégicamente relevantes a fin de comprender su comportamiento en costos, así como las fuentes actuales y potenciales de diferenciación.

En el INIAP se han realizado estudios de las cadenas productivas y de valor de los principales productos que se encuentran en los sistemas de producción, principalmente de aquellos que influyen económicamente los hogares campesinos (Barrera *et al.*, 2017; Céleri, 2008; Grijalva, 2005; Barrera y Grijalva, 2001; Peralta *et al.*, 2001). Estos estudios contribuyeron a determinar los principales factores que afectaban a cada una de estas cadenas, pero sobre todo permitieron establecer las necesidades de investigación, validación y transferencia de tecnología en cada uno de los eslabones de esas cadenas. Estas experiencias constituyen elementos relevantes para analizar la cadena de valor del cacao en las provincias de Manabí y Los Ríos, Ecuador.

En Ecuador, la cadena de valor del cacao ha encontrado como cuello de botella a todos los eslabones que la componen (producción, agroindustria, comercialización), los mismos que se ven amenazados por muchos factores, sean estos propios de la producción o del consumo, o por la presencia o no de intermediarios en la comercialización. Por ejemplo, el limitado desarrollo e inequidad de los sistemas de comercialización impide que los productores puedan colocar cualquier aumento en la producción, como los que se tienen en años favorables en el mercado. Dentro de la cadena de valor del cacao, los sistemas de producción presentan problemas como: baja producción, manejo deficiente del cultivo, mala post-cosecha, almacenamiento con otros productos que generan contaminación cruzada, etc. (Vasallo, 2015). Estos factores en su conjunto no permiten visualizar la potencialidad del cultivo de cacao. El limitado desarrollo tecnológico de los sistemas de producción de cacao impide que los productores puedan ser competitivos y obtener rentabilidades aceptables con sus inversiones, como los que tienen los productores que optimizan sus beneficios basados en sistemas de producción con alternativas tecnológicas que les permite mayor productividad y rentabilidad.

Para enfrentar esta problemática, el Programa Nacional de Cacao y Café de las Estaciones Experimentales Pichilingue y Portoviejo conjuntamente con la Unidad de Economía Agrícola y Cambio Climático de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, realizarán un estudio que pretende centrar su análisis en entender las grandes limitantes y potencialidades que presentan los grupos de sistemas de producción de cacao, así como también definir algunas relaciones y flujos importantes de este eslabón con eslabones como los de agroindustria y comercialización.

A través de este estudio se espera establecer estrategias que optimicen los beneficios de todos sus actores, principalmente de los productores y sus familias, ya que se considera que la cadena afecta potencialmente a las decisiones de los productores de invertir en el cultivo de cacao y adoptar la tecnología de manejo integrado de este cultivo, que permita incrementar la productividad y calidad del producto, obteniendo así precios más favorables y en consecuencia mejorando los niveles de vida de los productores y sus familias.

Este conocimiento servirá para respaldar los esfuerzos de los diferentes actores involucrados en la cadena de valor de cacao (productores, comercializadores, industriales), impulsar la integración de los diferentes eslabones que la conforman, encontrar mejores esquemas de participación y alcanzar mayores beneficios de los actores. Sobre esta premisa, el INIAP quiere impulsar la realización de este estudio para establecer las bases de coordinación y participación de todos los actores, sean estas instituciones u organizaciones, que inciden de forma determinante en el funcionamiento de los sistemas de producción de cacao.

Este estudio se realizará en las provincias de Manabí y Los Ríos por ubicarse entre las de mayor producción de cacao en el Litoral ecuatoriano y por ser el cacao un rubro estratégico en las investigaciones que lidera el Programa Nacional de Cacao y Café a través de las Estaciones Experimentales del INIAP.

2. OBJETIVOS

2.1. General:

Determinar los factores que influyen en la cadena de valor del cacao (*Theobroma cacao* L.) de las provincias de Los Ríos y Manabí, con el propósito de fortalecer el desarrollo de esta cadena.

2.2. Específicos:

- Caracterizar los sistemas de producción en el cultivo de cacao en las provincias de Los Ríos y Manabí.
- Identificar las estrategias de los medios de vida de los diferentes tipos de productores de cacao en las provincias de Los Ríos y Manabí.
- Desarrollar modelos econométricos que permitan determinar los factores que influyen en las decisiones de los diferentes actores de la cadena de valor del cacao para establecer estrategias que optimicen sus beneficios.
- Desarrollar modelos econométricos que permitan determinar los factores que influyen sobre el precio del cacao en cada uno de los eslabones de su cadena de valor, para establecer estrategias que lo optimicen.

3. METODOLOGÍA

3.1. Características generales de las zonas en estudio

Manabí es una provincia localizada en el emplazamiento centro-noroeste del Ecuador continental, cuya unidad jurídica se ubica en la región geográfica del litoral, que a su vez se encuentra dividida por el cruce de la línea equinoccial. Su capital es Portoviejo. Limita al oeste con el Océano Pacífico, al norte con la provincia de Esmeraldas, al este con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y provincia de Los Ríos, al sur con la provincia de Santa Elena y al sur y este con la provincia del Guayas (Figura 1). La provincia de Manabí tiene una superficie de 18440 km².

La división administrativa y territorial de la provincia de Manabí se encuentra en 22 cantones: Portoviejo, 24 de Mayo, Bolívar, Chone, El Carmen, Flavio Alfaro, Jama, Jaramijó, Jipijapa, Junín, Manta, Montecristi, Olmedo, Paján, Pedernales, Pichincha, Puerto López, Rocafuerte, San Vicente, Santa Ana, Sucre y Tosagua. Manabí con una población de 1395249 habitantes, es la tercera provincia más poblada de Ecuador. La población de Manabí es mayoritariamente joven pues el número de habitantes de más de 45 años representa el 13% de la población total, la tasa de natalidad de la provincia es elevada y a pesar del crecimiento acelerado de la población urbana, la de carácter rural es mayoritaria y es la que cuenta con menos servicios básicos.

El clima de Manabí está influenciado por la orografía, determinándose de occidente a oriente tres tipos de clima (INAMHI, 2006): 1) Clima tropical megatérmico semiárido que afecta a la franja costanera donde las precipitaciones son inferiores a 500 mm y las temperaturas medias anuales son mayores a 24 °C; 2) Clima tropical megatérmico seco a semiárido se presenta en una franja longitudinal en la que la precipitación varía de 500 a 1000 mm, la estación seca es muy marcada, y la temperatura media anual es 25 °C; y 3) Clima tropical megatérmico húmedo se presenta en la zona oriental de la provincia en donde la precipitación varía entre 1000 y 2000 mm y la temperatura media anual es 25 °C. En la provincia, las temperaturas no experimentan mayor cambio, manteniéndose más o menos constantes. Desde el punto de vista hidrogeológico es muy importante la distribución de la precipitación que generalmente, en un 70%, cae dentro de los meses de enero a mayo.

Las principales actividades económicas son: la agricultura (cacao, café, banano, maíz, arroz, algodón, frutas), los recursos forestales, el ganado vacuno y porcino, la avicultura, las camaroneras, las agroindustrias (fabricación de grasas y aceites, confitería, químicos, papel, cerámica), la artesanía de paja toquilla y mimbre y la minería (calizas, arcilla, yeso).



Figura 1. Localización de la provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

La provincia de Manabí se encuentra entre las principales provincias productoras de cacao en el Litoral ecuatoriano, debido a sus favorables condiciones naturales en cuanto a suelos y clima. De acuerdo a la ESPAC (2016), los mayores porcentajes de superficie sembrada le corresponden a Manabí, con 125839 ha que representan el 22.49% del total del país. Manabí presenta uno de los más bajos rendimientos (0.24 t ha^{-1}), ya que se habla de que existe una gran mayoría de pequeños productores con plantaciones de edad avanzada (Sotomayor, 2011).

Las proyecciones de los resultados del III Censo Nacional Agropecuario 2000, publicados en la página web del SINAGAP (2017), señalan que en la provincia de Manabí, los cantones con mayor superficie cacaotera son: Chone (35487 ha), Pichincha (15247 ha), Flavió Alfaro (14498 ha), El Carmen (9004 ha) y Bolívar (7228 ha), sumando un 81% del total sembrado en esta zona. Considerando el cacao como monocultivo y asociado, la provincia de Manabí tiene 19476 Unidades Productivas Agrícolas de Cacao (UPACs), valor equivalente al 26% del total de UPACs a nivel nacional (74594 UPACs).

Según González (2012), de acuerdo al último levantamiento estadístico CORPEI (2008), indican que existen aproximadamente 361 acopiadores que comercializan en todo el país un estimado de 72000 t año^{-1} de cacao, los mismos que se encuentran distribuidos en las provincias de Manabí, Los Ríos y Guayas, existiendo en ese orden un universo de 99, 82 y 69 establecimientos o puntos de acopio, respectivamente (González, 2012).

Respecto a la capacidad de agremiación, entre las principales asociaciones de segundo grado del país se encuentra Fortaleza del Valle, ubicada en el cantón Bolívar, Manabí, que agrupa cinco organizaciones de primer grado (965 productores). Cerca de 4000 personas de los cantones Bolívar, Junín, Chone, Tosagua y Portoviejo venden su producto a Fortaleza del Valle. Los grandes

productores de la provincia de Manabí comercializan directamente con empresas extranjeras que reconocen la calidad del grano de cacao.

La productividad obtenida en las fincas es baja, y el dinero que reciben por la venta también es bajo debido a la presencia de intermediarios, que se aprovechan de las condiciones sociales y distancias de los centros de compra. El cacao Nacional es prácticamente orgánico; sin embargo, es comercializado como un cacao convencional por la falta de organización de los pequeños productores para formar asociaciones y por la poca intervención del Estado. La aplicación de tecnologías es casi nula. Actualmente, gran parte del cacao Nacional ha sido derribado y sustituido por otra variedad más productiva.

3.2. Métodos

Se debe enfatizar que en este informe se presenta la metodología, resultados y conclusiones de los objetivos específicos: Desarrollar modelos econométricos que permitan determinar los factores que influyen en las decisiones de los diferentes actores de la cadena de valor del cacao para establecer estrategias que optimicen sus beneficios; y Desarrollar modelos econométricos que permitan determinar los factores que influyen sobre el precio del cacao en cada uno de los eslabones de su cadena de valor, para establecer estrategias que lo optimicen.

3.2.1. Datos utilizados en el estudio

Una encuesta de doce módulos de productores de cacao se realizó entre junio y agosto de 2018 en la provincia de Manabí. Los módulos contenían preguntas sobre la demografía de los hogares, la ganadería y la propiedad de activos, la agricultura, la producción de cacao, el control de calidad y las fuentes de comercialización y de información, entre otros. La encuesta fue diseñada para ser regionalmente representativa de los productores de cacao, y el diseño de la muestra se basó en información sobre la distribución de los productores de cacao. Debido a que la información de alta calidad a nivel cantonal sobre el cacao no estaba disponible en las estadísticas nacionales, se obtuvo una estimación del número de productores y otra información clave utilizando estadísticas secundarias; estas estadísticas se refinaron luego de entrevistas con intermediarios y reuniones con los técnicos provinciales del MAG. La encuesta fue diseñada por la Unidad de Economía Agrícola y Cambio Climático del INIAP, presentada a las partes interesadas en un taller en la Estación Experimental de Pichilingue en junio de 2018, y sometida a pruebas previas y revisadas antes de la aplicación en el campo en tablets.

El análisis de los datos comenzó con un diagnóstico de los atributos de los productores y sus procesos productivos. Dado que existe tanta evidencia anecdótica de las diferencias en los atributos entre los que producen cacao Nacional y CCN-51, se dividió el resumen de las estadísticas por elección de variedad (Tabla 1).

3.2.1.1. Características de los hogares que producen cacao

Los productores del cacao Nacional fueron de mayor edad (el productor promedio tenía 58 años) y mostraron 10 años de experiencia adicional en la producción de cacao en comparación con aquellos productores de CCN-51. Cabe destacar que las mujeres jefas de hogar presentaron más probabilidades de producir CCN-51; la diferencia fue de aproximadamente siete puntos porcentuales (el 85% de los productores de cacao Nacional fueron hombres, en comparación con el 92% de los productores de CCN-51). Otros atributos del hogar no variaron significativamente según el tipo de genotipo. A pesar de la edad relativamente alta de los productores del cacao Nacional, fue muy probable que tuvieron una certificación orgánica o similar y que estén vinculados a una Asociación de cacao. Alrededor del 32% de los hogares que produjeron cacao Nacional fueron miembros de una Asociación de cacao y, como se demostró, estas Asociaciones proporcionaron principalmente acceso a los mercados.

Tabla 1. Resumen de estadísticas por genotipo producido por los productores de cacao de la provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | CCN-51 | | Nacional | | Sig. |
|--|------------|-------|------------|-------|------|
| | \bar{x} | s | \bar{x} | s | |
| Características del hogar: | | | | | |
| Edad del jefe de hogar (años) | 54.82 | 13.43 | 58.49 | 13.80 | ** |
| Experiencia en cacao (años) | 18.05 | 15.34 | 28.21 | 16.39 | *** |
| Educación del jefe de hogar (años) | 7.12 | 4.12 | 7.32 | 4.69 | ns |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.92 | 0.28 | 0.85 | 0.35 | * |
| Personas en el hogar (No.) | 3.49 | 1.55 | 3.75 | 1.88 | ns |
| Personas en edad de trabajar (No.) | 2.19 | 1.43 | 2.24 | 1.55 | ns |
| Trabajo fuera de la finca (%) | 0.16 | 0.37 | 0.21 | 0.40 | ns |
| Remesas recibidas (%) | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.11 | ns |
| Uso de teléfono celular (%) | 0.93 | 0.25 | 0.94 | 0.24 | ns |
| Certificación de cacao (%) | 0.00 | 0.00 | 0.12 | 0.32 | *** |
| Jefes de hogar asociados (%) | 0.04 | 0.20 | 0.32 | 0.47 | *** |
| Otras características (de lotes): | | | | | |
| Área total de la finca (ha) | 13.72 | 25.66 | 13.41 | 26.99 | ns |
| Lotes de cacao (No.) | 1.08 | 0.34 | 1.16 | 0.49 | ns |
| Área dedicada a cacao (ha) | 3.36 | 4.65 | 3.73 | 5.14 | ns |
| Tiempo para llegar al lote (minutos) | 4.68 | 8.79 | 7.10 | 25.28 | ns |
| Manejo post-cosecha: | | | | | |
| Sanidad de la mazorca (%) | 0.19 | 0.39 | 0.15 | 0.36 | ns |
| Fermentación del cacao (%) | 0.75 | 0.43 | 0.57 | 0.50 | * |
| Calidad del cacao (%) | 0.24 | 0.43 | 0.32 | 0.47 | * |
| Secado del cacao (%) | 0.74 | 0.44 | 0.62 | 0.49 | * |
| Correcto secado del cacao (%) | 0.49 | 0.50 | 0.54 | 0.50 | ns |
| Manejo del cultivo: | | | | | |
| Fertilizan (%) | 0.46 | 0.50 | 0.21 | 0.41 | *** |
| Fertilizan químicamente (%) | 0.26 | 0.44 | 0.11 | 0.32 | *** |
| Controlan plagas (%) | 0.28 | 0.45 | 0.32 | 0.47 | ns |
| Podan (%) | 0.81 | 0.40 | 0.72 | 0.45 | * |
| Proporcionan riego (%) | 0.24 | 0.43 | 0.18 | 0.39 | ns |
| Controlan malezas (%) | 0.94 | 0.24 | 0.91 | 0.29 | ns |
| Productores (No.) | 118 | | 268 | | |

\bar{x} = Promedio y s = Desviación estándar.

Sig: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10, ns p>0.10. Significación estadística de la diferencia por tipo de productor.

3.2.1.2. Características de los lotes de cacao

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en las características principales de los lotes entre los productores de los genotipos de cacao (Tabla 1). El tamaño promedio de tenencia total de tierra, independientemente del genotipo sembrado, fue de 13 a 14 hectáreas, mientras que el tamaño promedio del lote de cacao fue de aproximadamente 3.5 hectáreas, y pocos productores sembraron cacao en lotes múltiples.

3.2.1.3. Prácticas agronómicas del cultivo de cacao

Las prácticas de manejo del cultivo difirieron ligeramente entre los productores de CCN-51 y aquellos que se especializaron en cacao Nacional y las comparaciones bi variadas sugirieron que los

productores de CCN-51 tenían más probabilidades de adoptar procesos de producción mejorados. Los productores de CCN-51 fueron mucho más propensos a fertilizar y aplicar productos químicos a sus cultivos (más del doble de probabilidades) y más propensos a podar sus árboles.

El resultado de la poda fue particularmente interesante ya que se recomendó la poda como una medida de control de las plagas para el cacao Nacional, que fue particularmente susceptible a plagas como Escoba de bruja y Monilia. El hecho de que los productores de cacao Nacional no poden sus árboles sugiere que las plagas no fueron altamente prevalentes en la provincia o que los productores desconocían los beneficios de las podas para el control de las plagas.

La fertilización y la poda generalmente se consideran buenas prácticas de manejo y, como resultado, es probable que los rendimientos sean más altos en las plantaciones de CCN-51, en parte porque se manejaron de manera más intensiva. La mayor prevalencia de la poda en CCN-51 pudo estar relacionada con el tamaño de los árboles más pequeños, lo que facilitó la poda, pero la diferencia (ocho puntos porcentuales) fue relativamente pequeña. La mayoría de los productores de cacao reportaron podar sus árboles.

En términos de procesamiento posterior a la cosecha, los productores de CCN-51 tuvieron más probabilidades de fermentar y secar su cacao, mientras que los productores de cacao Nacional fueron aproximadamente nueve puntos porcentuales más propensos a afirmar que conocían los factores que afectaron la calidad de su cosecha.

3.2.1.4. Prácticas de comercialización del cacao

Los productores de cacao Nacional utilizaron prácticas de mercadeo diferentes a los que produjeron CCN-51. En particular, viajaron aproximadamente un 50% más lejos para vender su cacao, aunque un mayor porcentaje de ellos (56% contra 46%) reportaron que vendieron a compradores locales. Como se señaló anteriormente, los que produjeron cacao Nacional tuvieron más probabilidades de unirse a las Asociaciones de cacao que los productores de CCN-51 y las ventas a las Asociaciones fue uno de los principales atractivos para unirse. Por ejemplo, alrededor del 23% de los productores de cacao Nacional vendieron su cacao a Asociaciones, mientras que prácticamente ninguno de los productores de CCN-51 vendieron a Asociaciones de cacao. Curiosamente, proporciones iguales de los productores de cacao Nacional y CCN-51 vendieron por variedad; los productores de cacao Nacional afirmaron que fueron más propensos (36%) a vender por genotipo, pero la diferencia entre sus respuestas y las de los productores de CCN-51, no fue estadísticamente significativa. Los porcentajes iguales (alrededor del 54%) de ambos tipos de productores afirmaron conocer el precio antes de partir hacia el mercado.

La principal diferencia en los resultados fue que CCN-51, a pesar de producir un producto que no está altamente valorado en los mercados internacionales, recibió un precio más alto que los productores del cacao Nacional. Esta diferencia (6% en promedio) puede deberse al procesamiento adicional posterior a la cosecha realizado por los productores de CCN-51, pero merece un análisis más detenido.

3.2.2. Metodología de la econometría

Las restricciones sistemáticas para el desempeño eficiente de una cadena de valor se pueden abordar mediante intervenciones dirigidas para facilitar la actualización de la cadena de valor. La mejora consiste en cambios en la industria que mejoran la competitividad de los productores al mejorar la eficiencia de sus operaciones actuales o adoptar nuevas actividades (Barrera *et al.*, 2017; Humphrey y Schmitz, 2002). La mejora de la cadena de valor puede tomar la forma de una serie de acciones interrelacionadas para mejorar la posición de negociación, aumentar los precios recibidos y retener más valor agregado de la producción. Los productores pueden "mejorar" la cadena de valor seleccionando un nuevo canal de comercialización, o pueden "actualizar" sus relaciones existentes a través de una mayor sofisticación, una producción mejorada o un aumento del valor agregado durante las actividades de producción y post-cosecha.

Para lograr una alta productividad, el cacao requiere un suelo abundante en nutrientes y uso de buenas prácticas de manejo (Wessel, 1971). La importancia de varias otras características del suelo, como el pH y la materia orgánica, se debe en gran medida a su influencia en la disponibilidad de nutrientes. Aunque los nutrientes tienen diferentes funciones en el desarrollo del árbol (por ejemplo, formación del dosel, floración, producción de mazorcas), todas las deficiencias de nutrientes conducirán en última instancia a una disminución de los rendimientos. Este es el caso en la mayoría de las regiones de producción de cacao, por ejemplo, en África Occidental (Appiah *et al.*, 2000; Wessel y Quist-Wessel, 2015).

Además del manejo de la fertilidad, la producción de cacao de buena calidad requiere la poda regular de los árboles para el crecimiento y el manejo de las enfermedades. Se desea un toldo cerrado para maximizar la intercepción de la luz, reducir el crecimiento de malezas y proporcionar auto-sombra. En casos de plantaciones bien establecidas, el dosel solo puede ser manejado a través de la poda. Después de que el dosel se haya cerrado, una alta densidad de siembra puede aumentar la competencia entre árboles y reducir los rendimientos (Corley, 1985; Yapp y Hadley, 1991). La densidad de siembra se convierte en un equilibrio entre llegar a las copas y los rendimientos precozmente cerrados y lograr rendimientos mayores en una etapa posterior (Corley, 1985).

Los pasos para mejorar la producción de cacao incluyen sembrar nuevos genotipos clonales precoces y de alto rendimiento (que solo alcanzan frutos después de 2 a 5 años, dependiendo del genotipo), empleando técnicas mejoradas de manejo del agua, manejo de plagas y productividad mediante la poda regular, el manejo de malezas y el manejo de la fertilidad mediante el uso de métodos apropiados y cantidades de insumos. Las prácticas posteriores a la cosecha incluyen la fermentación y el secado adecuado, aunque gran parte del cacao Nacional se vende en "en baba" sin ningún procesamiento posterior a la cosecha en la finca. Las entrevistas con expertos muestran que es más probable que los productores de CCN-51 procesen su cacao antes de venderlo al primer comprador.

El aumento de la sofisticación de comercialización puede implicar la entrada de grupos (Asociaciones de cacao) para negociar con los agentes de comercialización, establecer acuerdos contractuales formales, certificar la producción utilizando normas específicas (para obtener acceso a mercados más remunerativos), obtener acceso a información de alta calidad y mostrar flexibilidad en comercialización. El valor agregado puede mejorarse mediante acciones en la finca, como la selección de cacao para la cosecha según la madurez y el estado de la plaga, y mediante acciones fuera de la finca, como el transporte de la almendra directamente a los compradores.

3.2.2.1. Barreras a la mejora de la producción y comercialización

Los pequeños productores podrían ser excluidos de participar en actividades de mejoramiento de la producción y comercialización de cacao porque carecen de una escala adecuada de producción o capacidad técnica para ajustar las normas de producción a los requisitos de las cadenas modernas. Las investigaciones de los países en desarrollo indican que la escala puede ser una barrera para el acceso a los supermercados (Neven y Reardon, 2004; Hernández *et al.*, 2012) y el procesamiento agrícola (Swinnen, 2004). Sin embargo, la escala de operación no siempre es una barrera. Estudios en Honduras (Blandon *et al.*, 2009), Nicaragua (Hernández y Reardon, 2012) y Guatemala (Hernández *et al.*, 2007), han demostrado que el tamaño de la finca no está relacionado con la participación en los canales modernos de comercialización de hortalizas, pero se sabe poco sobre las cadenas de valor de los productos comerciales como el cacao. Handschuch *et al.* (2013), dieron luces adicionales sobre el debate de la cadena de valor de escala al observar un horizonte temporal. En Chile, los productores de frambuesa a pequeña escala tuvieron menos probabilidades que los productores de gran escala de implementar normas de inocuidad y calidad de los alimentos, pero una vez que superaron las barreras iniciales para el cumplimiento, tuvieron la misma probabilidad de beneficiarse de la participación.

En algunos casos, los obstáculos relacionados con la escala para mejorar la comercialización se pueden superar mediante la participación grupal en la misma. Las empresas modernas de procesamiento y exportación pueden beneficiarse de las transacciones basadas en el grupo porque pueden transferir los costos de programar entregas, monitorear la calidad y garantizar el cumplimiento del grupo. Es probable que los grupos tengan mejor información sobre los miembros y menores costos para garantizar el cumplimiento. El resultado es una mayor eficiencia asociada con el contrato del grupo de la empresa en comparación con los mercados locales. La membresía en un grupo de productores (como las Asociaciones de cacao que predominan en la provincia de Manabí) puede ser un factor determinante del acceso a las cadenas de valor modernas y la membresía indica que se han dado pasos hacia una mayor sofisticación en la comercialización (Escobal y Cavero, 2011).

La propiedad de activos agrícolas puede afectar la capacidad para lograr economías de escala en la producción y para cumplir con los estándares de calidad y pesticidas. Se ha demostrado que algunos activos afectan la entrada en las cadenas de suministro modernas (Escobal y Cavero, 2011; Berdegú *et al.*, 2008; Dries y Swinnen, 2004). La capacidad de ir más allá de las ventas en la finca depende de los sistemas de transporte y el acceso al transporte. La propiedad de los vehículos, por lo tanto, puede afectar la capacidad de mejorar la participación en la cadena de valor (Escobal y Cavero, 2011; Rao y Qaim, 2010).

Los costos de las transacciones afectan claramente el potencial de actualización de la cadena de valor. Los costos de la información, por ejemplo, se ven afectados por muchas fuentes, incluidas las interacciones sociales y económicas, la distancia a los mercados y el acceso a la información a través de la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC). Sin acceso a la información, las opciones contractuales pueden ser limitadas. El empleo de los miembros del hogar fuera de la finca puede aumentar el acceso a la información, pero también disminuirá la disponibilidad de mano de obra para las operaciones agrícolas. Hernández *et al.* (2007), encontraron que este último efecto domina y existe una relación negativa entre el trabajo no agrícola y la participación en las cadenas de valor modernas. En contraste, Rao y Qaim (2010), encontraron que es más probable que los productores involucrados en trabajos no agrícolas participen en las relaciones de suministro modernas. El mecanismo causal no está claro, pero el empleo no agrícola puede asociarse con fuentes de ingresos más altas y menos variables (aumentando la capacidad de asumir riesgos), puede permitir inversiones en activos productivos que faciliten la flexibilidad en la agricultura y las operaciones contractuales, y aumente los compromisos en áreas de mercado.

Una gran literatura surgida sobre el papel de la proximidad del mercado y la información sobre la elección del mercado y los hallazgos relativos a la relación entre la distancia y la participación en las redes de suministro modernas es similar. Hernández *et al.* (2007, 2012), señalaron que es más probable que los productores ubicados cerca de caminos pavimentados participen en las redes de suministro modernas. Berdegú *et al.* (2008), reportaron una fuerte y negativa influencia de la distancia a las plantas de procesamiento agrícola y las ventas a dichas plantas.

3.2.2.2. Niveles de actualización

La literatura conceptual sobre las cadenas de valor agrícolas identifica claramente múltiples acciones que pueden asociarse con mejoras en una cadena de valor. También identifica un camino de transformación; los cambios graduales que se producen durante el proceso de transformación dinámica y la entrada en una nueva cadena de valor ("moderna" o "mejorada"), rara vez es un evento discreto. Las mejoras marginales en los procesos de producción y los acuerdos de comercialización pueden indicar la mejora de la cadena de valor y muchos de estos procesos incrementales se ignoran cuando el resultado se trata como discreto. Se trató la decisión de actualización como una decisión continua: los productores eligen adoptar una o más de varias técnicas o emprender una o más de varias opciones para mejorar su posición de comercialización.

3.2.2.3. ¿Por qué los productores se actualizan?

La decisión del productor sobre si adoptar una acción de mejora en particular puede modelarse como una decisión de adopción de tecnología, donde la adopción de la acción Y (en este caso, el uso de una actividad de mejora), está determinada por incentivos y capacidades (Feder *et al.*, 1985). Las capacidades están determinadas por las dotaciones de capital humano y físico y los efectos de estas dotaciones pueden ser lineales o basadas en umbrales. Por ejemplo, las economías de escala afectan las decisiones de participar en ciertos acuerdos de mercado, por lo que el tamaño de la tenencia será un determinante importante de la adopción de la actividad. Dada la densidad relativamente baja de las plantaciones de cacao, los requisitos de mano de obra por hectárea relativamente bajos y la idiosincrasia del manejo, es probable que las decisiones laborales no sean separables y la demografía de los hogares determine el uso de la oferta de mano de obra en la producción de cacao. Como tal, también afectarán la mejora de la cadena de valor. Después de que se alcanza un umbral de trabajo, este se realiza fuera de la finca. El trabajo fuera de la finca y las remesas de los miembros del hogar pueden ayudar a superar las restricciones de capital y, en ausencia de mercados crediticios que funcionen bien, permite que el hogar asuma riesgos asociados con la adopción de nuevas actividades.

Se incluyen otros factores que afectan la producción efectiva y los precios de los insumos, factores de riesgo y otros costos de transacción. La sensibilidad al riesgo se captura utilizando el tamaño de la finca y la propiedad de la tierra; el acceso al capital financiero se refleja en la mano de obra no agrícola, las remesas (las cuales se supone que son exógenas a la decisión de mejora) y los factores específicos de la ubicación que afectan la oferta de crédito. Cada una de estas variables explicativas tiene la hipótesis de que afecta la probabilidad de adopción de actividades de mejora.

3.2.2.4. Impactos de la mejora

La actualización puede afectar la rentabilidad y el ingreso, pero la identificación de una relación causal enfrenta complicaciones bien conocidas. Debido a que la participación no se asigna al azar, los factores no observables que afectan la adopción de actividades de mejora pueden estar relacionados con los no observables que afectan las ganancias y la producción.

El estudio se centró en dos factores de importancia para los productores de cacao: los precios promedios recibidos y la variabilidad en los precios recibidos. Debido a que los precios del mercado están determinados por muchas fuerzas que son exógenas a las decisiones de los hogares, la identificación se hace menos difícil. Sea y_{ji}^m el puntaje del hogar (i) para la actividad de mejora (j) y expresada en función de las variables observables del hogar y específicas de la ubicación (X_i^m). El precio recibido por el hogar i se puede expresar de manera similar en función de un conjunto de ubicación y familia (X_i^p). Dado que el precio está determinado por el mercado, las principales acciones a nivel de los hogares que afectan el precio recibido son las diversas actividades de mejoramiento discutidas anteriormente¹.

$$y_{ji}^m = X_i^m \beta_j^m + \varepsilon_{ji}^m \quad (1)$$

$$P_i = X_i^p \beta_j^p + y_{ji}^m \alpha_j^m + \vartheta_{ji}^p \quad (2)$$

El problema obvio con la estimación de la ecuación 2 es que el grado de actualización es una decisión de los hogares y la posible endogeneidad de esta decisión con respecto al precio recibido significa que $\text{cov}(y_{ji}^m, \vartheta_{ji}^p) \neq 0$. Esta endogeneidad puede deberse a factores no observados que afectan la mejora, como la motivación individual; si estos factores también afectan el precio recibido, entonces la estimación es α_j^m . Es importante señalar que la estimación de la ecuación (2)

¹ Las ecuaciones (1) y (2) se presentan de manera lineal para ilustrar los problemas de endogeneidad. En la práctica, se puede usar diferentes formas funcionales para estimar cualquiera de las ecuaciones, pero con cualquier forma funcional, será necesario abordar el problema de la endogeneidad.

utilizando variables instrumentales, será parte de un estudio complementario que hable sobre los precios a través del proceso de actualización.

3.2.2.5. Modelos econométricos

En este estudio se utilizaron dos tipos de modelos econométricos:

1. Las determinantes de las actividades de mejora: Variedad plantada. Debido a las diferencias fundamentales entre los productores de cacao Nacional versus CCN-51, primero se examinaron las determinantes de la variedad plantada. En esta regresión, la ecuación 1 se ejecuta con un resultado binario (= 1 si el productor planta cualquier genotipo de cacao Nacional; = 0 si se planta exclusivamente CCN-51) usando una regresión probit.
2. Las determinantes de la mejora de la adopción; el modelo genérico también se presenta en la ecuación 1. Para los tipos individuales de actualización (producción, sofisticación, valor agregado, mercado), el modelo 1 se ejecuta como una regresión de Poisson, con el recuento de actividades que comprende el comportamiento de actualización como la variable dependiente. Por lo tanto, $j = 1-4$ (producción...) y y_{ji}^m es el recuento de los componentes del tipo j . Para la actualización agregada, se sumaron todos los recuentos j para obtener la variable dependiente y el modelo 1 se ejecutó como una regresión lineal.

El análisis econométrico investigó dos cuestiones amplias. Primero, se analizó las determinantes de la adopción de acciones de mejoramiento específicas separadas: mejoras en la finca para la producción y procesamiento posterior a la cosecha; mayor sofisticación en los mecanismos de venta como la contratación; mayor captura de valor a través de un mayor conocimiento de los precios según los canales y acuerdos de venta; y cambios en los canales de venta. En segundo lugar, se examinaron cómo las opciones de actualización independientes contribuyen a la mejora agregada de la cadena de valor para los productores individuales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Adopción del genotipo de cacao Nacional²

Los efectos marginales para el modelo probit de determinantes de adopción (siembra cualquier genotipo de cacao Nacional) de cacao "mejorado", se observan en la Tabla 2. Los resultados fueron bastante interesantes y mostraron que los productores de Manabí con más experiencia en el cultivo de cacao, con educación superior y con familias más grandes tuvieron mayor probabilidad de plantar genotipos de cacao Nacional. Los productores varones (que es una variable ficticia que toma un valor de uno si el jefe del hogar es un hombre) tuvieron menos probabilidades (12.6 puntos porcentuales menos) de adoptar el genotipo Nacional en comparación con las mujeres. La zona de siembra también estuvo significativamente relacionada con la probabilidad; los productores en las zonas 1 y 2 tuvieron 19 y 16 puntos porcentuales, respectivamente, y presentaron menos probabilidades de plantar el genotipo Nacional que aquellos en la zona excluida³.

² Se analizó las determinantes por las cuales un productor en algún momento tomó la decisión de plantar cacao Nacional en lugar de CCN-51. Esta decisión pudo haberse tomado en el pasado, pero se asumió que el productor pudo elegir en cualquier momento cambiar a un genotipo diferente. La regresión mostró las variables que estuvieron correlacionadas con un resultado positivo (en cualquier área de cacao en donde se estuvo sembrando el cacao Nacional).

³ La provincia de Manabí fue dividida en tres zonas productoras principales: Costera, Central y Oriental. La zona Costera, compuesta por los cantones de Jama, Pedernales, Sucre y San Vicente, se eliminó en esta regresión. La zona 1 es Central, compuesta por los cantones de Bolívar, Chone, El Carmen, Flavio Alfaro. La zona 2 es la zona Oriental, compuesta por Junín, Pichincha, Portoviejo y Santa Ana.

Tabla 2. Determinantes de la siembra de cacao Nacional (variable dependiente = 1), efectos marginales probit. Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Modelo 1 | | | | Modelo 2 | | | |
|---------------------------------------|--------------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|-------|-------|
| | EM | $s_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $s_{\bar{x}}$ | z | P>z |
| Edad del jefe de hogar (años) | 0.0016 | 0.0019 | 0.85 | 0.397 | 0.0015 | 0.0019 | 0.79 | 0.427 |
| Experiencia en cacao (años) | 0.0076 | 0.0014 | 5.58 | 0.000 | 0.0073 | 0.0013 | 5.42 | 0 |
| Educación del jefe de hogar (años) | 0.0098 | 0.0055 | 1.77 | 0.077 | 0.0098 | 0.0052 | 1.87 | 0.061 |
| Hombres jefe de hogar (%) | -0.1256 | 0.0683 | -1.84 | 0.066 | -0.0879 | 0.0674 | -1.31 | 0.192 |
| Personas en el hogar (No.) | 0.0349 | 0.0197 | 1.77 | 0.076 | 0.0248 | 0.0194 | 1.28 | 0.2 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | -0.0245 | 0.0246 | -1 | 0.319 | -0.0164 | 0.0241 | -0.68 | 0.496 |
| Área total de la finca (ha) | 0.0000 | 0.0008 | 0.05 | 0.964 | 0.0007 | 0.0008 | 0.86 | 0.387 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | 0.0699 | 0.0557 | 1.25 | 0.210 | 0.0465 | 0.0545 | 0.85 | 0.394 |
| Zona: | | | | | | | | |
| 1 | -0.1935 | 0.0601 | -3.22 | 0.001 | -0.1836 | 0.0586 | -3.13 | 0.002 |
| 2 | -0.1580 | 0.0647 | -2.44 | 0.015 | -0.1580 | 0.0630 | -2.51 | 0.012 |
| Quintil del Índice de Riqueza: | | | | | | | | |
| 2 | -0.0330 | 0.0681 | -0.48 | 0.628 | | | | |
| 3 | -0.0192 | 0.0654 | -0.29 | 0.769 | | | | |
| 4 | -0.0736 | 0.0679 | -1.08 | 0.279 | | | | |
| 5 | -0.1161 | 0.0722 | -1.61 | 0.108 | | | | |
| Quintil de Riqueza Productiva: | | | | | | | | |
| 2 | | | | | 0.0305 | 0.0648 | 0.47 | 0.638 |
| 3 | | | | | 0.0349 | 0.0629 | 0.55 | 0.579 |
| 4 | | | | | -0.0615 | 0.0670 | -0.92 | 0.359 |
| 5 | | | | | -0.2441 | 0.0715 | -3.41 | 0.001 |
| Días de campo | 0.1954 | 0.0668 | 2.92 | 0.003 | 0.2089 | 0.0610 | 3.43 | 0.001 |
| Capacitación | 0.1542 | 0.0463 | 3.33 | 0.001 | 0.1464 | 0.0445 | 3.29 | 0.001 |
| Crédito | -0.0181 | 0.0591 | -0.31 | 0.759 | -0.0045 | 0.0575 | -0.08 | 0.937 |
| Productores (No.) | 386 | | | | 386 | | | |
| R² | 0.119 | | | | 0.200 | | | |

EM= Efecto Marginal; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; z= Valor de z; P= Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

La riqueza del productor, reflejada por el índice de riqueza está asociada negativamente con la adopción del genotipo de cacao Nacional. Al controlar otros factores, los hogares en el quinto quintil de riqueza fueron aproximadamente 12 puntos porcentuales menos propensos que aquellos en el quintil más bajo para plantar el cacao Nacional, pero el efecto marginal fue solamente significativo. La regresión 2 muestra que esta relación fue mucho más fuerte cuando se controló la riqueza productiva⁴; los hogares en el quinto quintil de riqueza productiva fueron 24 puntos

⁴ El índice de riqueza se creó utilizando un análisis de componentes principales de las respuestas a la pregunta acerca de cuántos activos específicos eran propiedad del hogar. Se incluyeron los siguientes activos: bicicleta, televisión, cocina, lavadora, refrigerador, cisterna, aire acondicionado, ventilador, máquina de coser, computadoras, DVD, microondas, bomba de agua, cisterna, automóvil, motocicleta,

porcentuales menos propensos a plantar el cacao Nacional (en comparación con CCN-51) que los del primer quintil. La asistencia a días de campo o sesiones de capacitación relacionadas con el cacao se asociaron con una mayor probabilidad de sembrar el cacao Nacional de alto valor. Aunque inferir la causalidad siempre es difícil en un conjunto de datos observacionales transversales, la participación en los días de campo estuvo asociada con una probabilidad 20 por ciento mayor de adopción del cacao Nacional y la recepción de entrenamiento formal de cacao de cualquier tipo estuvo asociada con una probabilidad 15 por ciento mayor.

4.2. Adopción de opciones de actualización específicas

Se utilizó las respuestas al cuestionario de la encuesta y se crearon variables binarias (con una que representó el uso de la práctica en cuestión) como variables dependientes. Las estadísticas resumidas para la adopción de estas mejoras por parte de los productores de cacao de Manabí y las zonas de producción específicas se presentan en la Tabla 3. Las variables independientes, que reflejaron las determinantes de la adopción, fueron específicas de hogares, fincas y áreas.

Tabla 3. Porcentaje de las opciones de mejoramiento para los productores de cacao de la provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Opciones de actualización | Descripción | Porcentaje (%) | | | Total Manabí |
|--|--|----------------|---------|----------|--------------|
| | | Costera | Central | Oriental | |
| Prácticas mejoradas en la finca | Fertilización | 18.60 | 27.20 | 35.30 | 28.80 |
| | Uso de químicos | 4.60 | 7.10 | 10.10 | 7.80 |
| | Manejo de plagas | 30.20 | 35.30 | 31.90 | 33.70 |
| | Podas | 79.10 | 72.80 | 76.50 | 74.60 |
| | Eliminación de malezas | 88.40 | 91.50 | 94.10 | 92.00 |
| | Uso de riego | 7.00 | 15.20 | 33.60 | 20.00 |
| | Producción certificada | 2.30 | 11.60 | 4.20 | 8.30 |
| Procesamiento post-cosecha | Selecciona mazorcas libres de plagas | 83.70 | 95.10 | 94.10 | 93.50 |
| | Fermentación | 27.90 | 59.80 | 81.50 | 63.00 |
| | Secado post fermentación | 27.90 | 64.30 | 82.40 | 65.80 |
| | Secado apropiado | 18.60 | 35.30 | 39.50 | 34.70 |
| | Selecciona mazorcas por calidad | 30.20 | 33.00 | 22.70 | 29.50 |
| Mejora relacionada con el mercado (ventas mejoradas y captura de valor agregado) | Conoce el precio antes de salir al mercado | 53.50 | 50.40 | 62.20 | 54.40 |
| | Vende bajo un contrato | 7.00 | 12.00 | 5.90 | 9.50 |
| | Vende sin importar la distancia al comprador | 95.30 | 88.80 | 81.50 | 87.30 |
| | Demuestra disponibilidad para vender a otros compradores | 95.30 | 78.10 | 84.90 | 82.10 |
| | Vende a compradores que penalicen envíos mixtos | 88.40 | 71.90 | 58.00 | 69.40 |
| | Vende sin tener en cuenta la costumbre | 62.80 | 54.90 | 58.00 | 56.80 |

camioneta pick-up. Este índice fue separado en quintiles para los propósitos del análisis. El índice de riqueza productiva utilizó los siguientes activos: camión, tractor, tijeras de podar, arado, moto-guadaña, picadora, bomba de fumar a motor, bomba de fumar de mochila, reservorio de agua, silos o sistemas de almacenamiento (utilizado para el secado).

4.2.1. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la producción

Los procesos de producción mejorados incluyeron la fertilización o nutrición del cultivo, la aplicación de controles químicos, el uso de técnicas de manejo de plagas, la poda, la eliminación de malezas, el uso de riego para controlar la humedad y la producción certificada (de prácticas orgánicas o limpias). Los diversos modelos (la variable dependiente en cada uno de ellos fue el indicador binario de si el productor adoptó la práctica particular) fueron generalmente consistentes con las expectativas y proporcionaron información sobre las decisiones de producción del productor (Tabla 4)⁵.

La primera observación general fue que la edad y la experiencia tuvieron efectos contradictorios e inconsistentes en el uso de prácticas de producción mejoradas. Los productores de cacao con más experiencia tuvieron menos probabilidades de fertilizar, pero el efecto fue relativamente pequeño (un aumento de diez años en la experiencia se asoció con una disminución de 3.5 puntos porcentuales en la fertilización), y fue menos probable que poden (diez años más de experiencia lleva a un 1.3% reducción de puntos) y menos probable que irriegen (2.8 puntos porcentuales menos con diez años de experiencia). Los productores de mayor edad tuvieron menos probabilidades de usar fertilizantes químicos y de controlar malezas (no fueron significativos en los niveles convencionales, pero tuvieron más probabilidades de irrigar).

Gran parte de la diferencia fue que el uso de procesos de producción mejorados, se debieron al genotipo: los productores del cacao Nacional fueron 20 puntos porcentuales menos propensos a fertilizar y nueve puntos porcentuales menos propensos a podar en comparación con los productores de CCN-51, manteniendo todos los demás factores constantes. Las diferencias por genotipo sembrado para los otros resultados no fueron estadísticamente significativas, excepto por la certificación, como no certifican los productores de CCN-51, en comparación con el 8.29 por ciento de los productores del cacao Nacional. La membresía de los productores que pertenecían a las Asociaciones de cacao estuvo asociada negativamente con la fertilización química, y asociada positivamente con la poda, el riego y la certificación. Por lo tanto, los productores del cacao Nacional, que predominaron en términos de membresía de las Asociaciones de cacao, fueron alentados por estas Asociaciones a utilizar buenos procesos de producción en las fincas.

⁵ Los efectos marginales en la Tabla 5.4 muestran el cambio en la probabilidad de adoptar cada "mejora" dado un aumento de una unidad en la variable independiente. Debido a que esta es una regresión multivariante, los efectos marginales controlan todas las demás variables en el modelo.

Tabla 4. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la producción (variable dependiente = 1 si el productor adopta la actividad de mejoramiento). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Fertilización | | | | Fertilización Química | | | | Manejo de Plagas | | | | Podas | | | |
|------------------------------------|---------------|---------------|-------|-------|-----------------------|---------------|-------|-------|------------------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|-------|-------|
| | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | Z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | ME | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z |
| Edad del jefe de hogar (años) | 0.0004 | 0.0020 | 0.19 | 0.846 | -0.0032 | 0.0016 | -2.07 | 0.039 | -0.0002 | 0.0021 | -0.12 | 0.905 | 0.0002 | 0.0018 | 0.09 | 0.927 |
| Experiencia en cacao (años) | -0.0035 | 0.0015 | -2.35 | 0.019 | 0.0002 | 0.0013 | 0.18 | 0.854 | -0.0012 | 0.0016 | -0.74 | 0.462 | -0.0034 | 0.0013 | -2.53 | 0.011 |
| Educación del jefe de hogar (años) | -0.0035 | 0.0055 | -0.64 | 0.522 | -0.0016 | 0.0045 | -0.35 | 0.727 | 0.0107 | 0.0057 | 1.88 | 0.06 | -0.0023 | 0.0051 | -0.45 | 0.653 |
| Hombres jefe de hogar (%) | -0.0654 | 0.0700 | -0.93 | 0.35 | 0.1204 | 0.0390 | 3.08 | 0.002 | 0.1081 | 0.0643 | 1.68 | 0.093 | 0.0606 | 0.0646 | 0.94 | 0.348 |
| Personas en el hogar (No.) | -0.0040 | 0.0194 | -0.2 | 0.838 | -0.0342 | 0.0171 | -2 | 0.046 | 0.0004 | 0.0208 | 0.02 | 0.985 | 0.0138 | 0.0189 | 0.73 | 0.466 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | 0.0221 | 0.0244 | 0.91 | 0.365 | 0.0205 | 0.0201 | 1.02 | 0.308 | 0.0087 | 0.0255 | 0.34 | 0.734 | 0.0189 | 0.0234 | 0.81 | 0.419 |
| Área total de la finca (ha) | 0.0004 | 0.0008 | 0.43 | 0.669 | -0.0002 | 0.0008 | -0.32 | 0.746 | 0.0000 | 0.0008 | -0.02 | 0.984 | -0.0008 | 0.0007 | -1.13 | 0.26 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | 0.0498 | 0.0581 | 0.86 | 0.391 | -0.0840 | 0.0381 | -2.2 | 0.027 | 0.0072 | 0.0582 | 0.12 | 0.902 | -0.0683 | 0.0575 | -1.19 | 0.235 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | -0.2004 | 0.0563 | -3.56 | 0 | -0.0627 | 0.0417 | -1.51 | 0.132 | 0.0374 | 0.0546 | 0.69 | 0.493 | -0.0899 | 0.0450 | -2 | 0.046 |
| Asociación de Cacao (%) | -0.0502 | 0.0587 | -0.86 | 0.392 | -0.1332 | 0.0365 | -3.65 | 0 | -0.0032 | 0.0606 | -0.05 | 0.959 | 0.2062 | 0.0426 | 4.84 | 0 |
| Días de campo (%) | 0.1089 | 0.0904 | 1.2 | 0.228 | -0.0254 | 0.0693 | -0.37 | 0.713 | 0.0764 | 0.0955 | 0.8 | 0.424 | -0.0091 | 0.0918 | -0.1 | 0.921 |
| Asesoramiento (%) | 0.0915 | 0.0613 | 1.49 | 0.136 | 0.0558 | 0.0513 | 1.09 | 0.276 | 0.0800 | 0.0643 | 1.24 | 0.213 | 0.0456 | 0.0555 | 0.82 | 0.412 |
| Zona= 1 | 0.0573 | 0.0771 | 0.74 | 0.457 | 0.0673 | 0.0529 | 1.27 | 0.203 | -0.0625 | 0.0849 | -0.74 | 0.462 | -0.0783 | 0.0638 | -1.23 | 0.219 |
| Zona= 2 | 0.0824 | 0.0792 | 1.04 | 0.298 | 0.1000 | 0.0569 | 1.76 | 0.079 | -0.0763 | 0.0886 | -0.86 | 0.389 | -0.0596 | 0.0657 | -0.91 | 0.364 |
| Distancia de venta de cacao (km) | 0.0015 | 0.0014 | 1.06 | 0.29 | 0.0002 | 0.0006 | 0.41 | 0.685 | -0.0005 | 0.0009 | -0.56 | 0.577 | 0.0022 | 0.0015 | 1.43 | 0.153 |
| Índice de riqueza quintil= 2 | 0.1192 | 0.0674 | 1.77 | 0.077 | 0.0652 | 0.0492 | 1.32 | 0.185 | -0.0818 | 0.0682 | -1.2 | 0.23 | 0.2206 | 0.0713 | 3.09 | 0.002 |
| Índice de riqueza quintil= 3 | 0.0831 | 0.0654 | 1.27 | 0.204 | 0.0891 | 0.0515 | 1.73 | 0.083 | 0.1404 | 0.0758 | 1.85 | 0.064 | 0.2674 | 0.0680 | 3.93 | 0 |
| Índice de riqueza quintil= 4 | 0.1869 | 0.0689 | 2.71 | 0.007 | 0.1270 | 0.0538 | 2.36 | 0.018 | 0.0787 | 0.0758 | 1.04 | 0.299 | 0.2225 | 0.0732 | 3.04 | 0.002 |
| Índice de riqueza quintil= 5 | 0.1463 | 0.0714 | 2.05 | 0.04 | 0.0966 | 0.0562 | 1.72 | 0.085 | 0.0873 | 0.0790 | 1.11 | 0.269 | 0.2562 | 0.0759 | 3.37 | 0.001 |
| R² | 0.122 | | | | 0.154 | | | | 0.067 | | | | 0.174 | | | |

EM= Efecto Marginal; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; z= Valor de z; P= Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

Continuación Tabla 4. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la producción (variable dependiente = 1 si el productor adopta la actividad de mejoramiento). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Eliminación de malezas | | | | Uso de riego | | | | Producción certificada | | | |
|------------------------------------|------------------------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|-------|-------|------------------------|---------------|-------|-------|
| | EM | $s_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $s_{\bar{x}}$ | Z | P>z | EM | $s_{\bar{x}}$ | z | P>z |
| Edad del jefe de hogar (años) | -0.0020 | 0.0013 | -1.55 | 0.122 | 0.0034 | 0.0017 | 2.05 | 0.04 | 0.0001 | 0.0017 | 0.08 | 0.937 |
| Experiencia en cacao (años) | -0.0003 | 0.0008 | -0.37 | 0.71 | -0.0028 | 0.0012 | -2.3 | 0.021 | -0.0001 | 0.0010 | -0.08 | 0.938 |
| Educación del jefe de hogar (años) | 0.0016 | 0.0034 | 0.47 | 0.637 | 0.0124 | 0.0043 | 2.88 | 0.004 | 0.0049 | 0.0044 | 1.12 | 0.263 |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.0118 | 0.0416 | 0.28 | 0.777 | -0.0476 | 0.0558 | -0.85 | 0.394 | 0.0445 | 0.0370 | 1.20 | 0.229 |
| Personas en el hogar (No.) | -0.0005 | 0.0125 | -0.04 | 0.97 | 0.0103 | 0.0158 | 0.65 | 0.514 | 0.0121 | 0.0150 | 0.81 | 0.419 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | -0.0017 | 0.0158 | -0.11 | 0.916 | -0.0182 | 0.0203 | -0.9 | 0.369 | -0.0077 | 0.0185 | -0.42 | 0.677 |
| Área total de la finca (ha) | 0.0002 | 0.0005 | 0.46 | 0.646 | -0.0025 | 0.0012 | -2.01 | 0.044 | -0.0031 | 0.0018 | -1.72 | 0.085 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | -0.0523 | 0.0438 | -1.2 | 0.232 | -0.0478 | 0.0420 | -1.14 | 0.255 | 0.0520 | 0.0439 | 1.19 | 0.236 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | -0.0200 | 0.0311 | -0.64 | 0.521 | -0.0534 | 0.0446 | -1.2 | 0.231 | . | . | . | . |
| Asociación de Cacao (%) | 0.0249 | 0.0321 | 0.78 | 0.438 | 0.1018 | 0.0542 | 1.88 | 0.06 | 0.2383 | 0.0532 | 4.48 | 0 |
| Días de campo (%) | -0.0499 | 0.0722 | -0.69 | 0.49 | -0.0500 | 0.0550 | -0.91 | 0.364 | -0.0301 | 0.0404 | -0.75 | 0.456 |
| Asesoramiento (%) | 0.0197 | 0.0367 | 0.54 | 0.591 | 0.0645 | 0.0481 | 1.34 | 0.18 | 0.0754 | 0.0467 | 1.61 | 0.106 |
| Zona= 1 | -0.0039 | 0.0463 | -0.09 | 0.932 | 0.0275 | 0.0619 | 0.44 | 0.656 | -0.0170 | 0.0688 | -0.25 | 0.805 |
| Zona= 2 | 0.0315 | 0.0461 | 0.68 | 0.495 | 0.1938 | 0.0677 | 2.86 | 0.004 | -0.0350 | 0.0776 | -0.45 | 0.652 |
| Distancia de venta de cacao (km) | 0.0000 | 0.0005 | 0.01 | 0.991 | 0.0009 | 0.0006 | 1.44 | 0.151 | -0.0065 | 0.0027 | -2.44 | 0.015 |
| Índice de riqueza quintil= 2 | 0.1351 | 0.0475 | 2.84 | 0.004 | 0.0316 | 0.0471 | 0.67 | 0.503 | -0.0608 | 0.0640 | -0.95 | 0.342 |
| Índice de riqueza quintil= 3 | 0.1611 | 0.0441 | 3.65 | 0 | 0.1034 | 0.0502 | 2.06 | 0.039 | -0.0503 | 0.0577 | -0.87 | 0.383 |
| Índice de riqueza quintil= 4 | 0.0713 | 0.0571 | 1.25 | 0.212 | 0.1516 | 0.0529 | 2.86 | 0.004 | -0.1105 | 0.0553 | -2.00 | 0.046 |
| Índice de riqueza quintil= 5 | 0.1151 | 0.0550 | 2.09 | 0.036 | 0.2800 | 0.0619 | 4.52 | 0 | -0.0665 | 0.0576 | -1.15 | 0.249 |
| R² | 0.135 | | | | 0.262 | | | | 0.472 | | | |

EM= Efecto Marginal; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; z= Valor de z; P = Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

Finalmente, la riqueza es una determinante relativamente importante de la mejora de la producción. Los productores más ricos (cuarto y quinto quintiles) tuvieron más probabilidades de fertilizar, usar fertilizantes químicos, podar, controlar malezas y regar. Estos efectos fueron altamente significativos y relativamente grandes en magnitud.

Los resultados relacionados con la mejora de la producción fueron indicativos de dos hallazgos. Primero, los productores del cacao Nacional fueron heterogéneos; muchos utilizaron métodos de producción relativamente rústicos, adoptando pocas actividades de actualización. Otros parecieron reconocer el valor de sus recursos y unirse a Asociaciones y mejorar la producción, buscaron certificar su producción y, en general, parecieron ser productores más progresistas. Los programas de mejora de la calidad del cacao deben reconocer esta estructura bimodal de los productores del genotipo tradicional. En segundo lugar, la adopción de mejoras en la producción parecería estar estrechamente asociada con la riqueza, lo que sugiere que las restricciones de crédito o de efectivo podrían impedir que muchos productores adopten prácticas de producción mejoradas.

4.2.2. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la post-cosecha

Las mejoras en la post-cosecha incluyeron la selección de mazorcas maduras y libres de plagas en la cosecha, la fermentación, el secado post fermentación, el uso de buenas prácticas para el secado y si el productor sabía qué hacer para obtener un cacao de alta calidad. Los resultados de las regresiones probit se muestran en la Tabla 5.

Los productores de mayor edad tuvieron menos probabilidades de adoptar técnicas mejoradas después de la cosecha (todos los efectos marginales sobre la edad fueron negativos y en tres de los cuatro modelos el efecto fue significativo), pero los efectos de la edad fueron relativamente pequeños en magnitud. A diferencia de la adopción de procesos de producción mejorados, la experiencia de los productores no se relacionó significativamente con el mejoramiento posterior a la cosecha.

También en contraste con los procesos de producción, la adopción de mejoras posteriores a la cosecha no se correlacionó estadísticamente con la variedad plantada. Por otro lado, la membresía de pertenecer a una Asociación de cacao fue negativa y fuertemente asociada con todas las actividades posteriores a la cosecha, excepto por el conocimiento de los atributos de calidad. Estos efectos (por ejemplo, los miembros de una Asociación fueron 33 puntos porcentuales menos propensos a fermentar su cacao) indicaron que las Asociaciones de cacao promueven las ventas de cacao crudo y sin elaborar y pueden explicar el por qué los miembros de las Asociaciones tienden a recibir precios más bajos por su producto. Los efectos en la riqueza observados en relación con los procesos de producción no estuvieron presentes en los procesos posteriores a la cosecha, pero los productores más ricos tuvieron mayores probabilidades de reconocer el cacao de mayor calidad y un poco más de probabilidad (en el tercer quintil) de fermentar.

Tabla 5. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la post-cosecha (variable dependiente = 1 si el productor adopta la actividad de mejoramiento). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Selección mejorada | | | | Separada por calidad | | | | Fermentación | | | | Secado apropiado | | | |
|------------------------------------|--------------------|---------------|-------|-------|----------------------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|-------|-------|------------------|---------------|-------|-------|
| | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z |
| Edad del jefe de hogar (años) | -0.0032 | 0.0016 | -2.01 | 0.044 | -0.0002 | 0.0020 | -0.08 | 0.936 | -0.0068 | 0.0019 | -3.5 | 0 | -0.0040 | 0.0021 | -1.9 | 0.058 |
| Experiencia en cacao (años) | 0.0003 | 0.0012 | 0.25 | 0.806 | 0.0007 | 0.0015 | 0.47 | 0.636 | 0.0020 | 0.0014 | 1.43 | 0.154 | -0.0015 | 0.0016 | -0.91 | 0.365 |
| Educación del jefe de hogar (años) | 0.0014 | 0.0044 | 0.33 | 0.744 | 0.0051 | 0.0056 | 0.91 | 0.364 | -0.0028 | 0.0054 | -0.52 | 0.602 | -0.0092 | 0.0060 | -1.52 | 0.129 |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.0867 | 0.0448 | 1.93 | 0.053 | -0.1131 | 0.0727 | -1.55 | 0.12 | 0.0288 | 0.0665 | 0.43 | 0.665 | -0.0175 | 0.0711 | -0.25 | 0.805 |
| Personas en el hogar (No.) | -0.0334 | 0.0172 | -1.93 | 0.053 | -0.0055 | 0.0194 | -0.28 | 0.778 | -0.0038 | 0.0194 | -0.2 | 0.843 | 0.0004 | 0.0206 | 0.02 | 0.984 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | 0.0078 | 0.0202 | 0.39 | 0.7 | 0.0147 | 0.0245 | 0.6 | 0.549 | -0.0107 | 0.0243 | -0.44 | 0.661 | -0.0043 | 0.0261 | -0.16 | 0.87 |
| Área total de la finca (ha) | 0.0002 | 0.0006 | 0.35 | 0.724 | 0.0003 | 0.0008 | 0.39 | 0.695 | 0.0026 | 0.0010 | 2.52 | 0.012 | 0.0010 | 0.0009 | 1.16 | 0.248 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | 0.0921 | 0.0506 | 1.82 | 0.069 | 0.0312 | 0.0580 | 0.54 | 0.59 | -0.0519 | 0.0577 | -0.9 | 0.368 | 0.0713 | 0.0614 | 1.16 | 0.246 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | -0.0066 | 0.0414 | -0.16 | 0.873 | 0.0403 | 0.0524 | 0.77 | 0.442 | -0.0288 | 0.0528 | -0.55 | 0.585 | 0.0813 | 0.0520 | 1.56 | 0.118 |
| Asociación de Cacao (%) | -0.0825 | 0.0388 | -2.13 | 0.034 | 0.0857 | 0.0613 | 1.4 | 0.162 | -0.3304 | 0.0642 | -5.15 | 0 | -0.2157 | 0.0558 | -3.86 | 0 |
| Días de campo (%) | 0.1169 | 0.0862 | 1.36 | 0.175 | -0.0518 | 0.0734 | -0.71 | 0.48 | 0.0579 | 0.0810 | 0.71 | 0.475 | 0.1625 | 0.1006 | 1.61 | 0.106 |
| Asesoramiento (%) | 0.0246 | 0.0497 | 0.49 | 0.621 | 0.2117 | 0.0651 | 3.25 | 0.001 | 0.0049 | 0.0596 | 0.08 | 0.935 | -0.1271 | 0.0633 | -2.01 | 0.045 |
| Zona= 1 | -0.0069 | 0.0666 | -0.1 | 0.918 | 0.0147 | 0.0794 | 0.19 | 0.853 | 0.3220 | 0.0757 | 4.25 | 0 | 0.2452 | 0.0587 | 4.18 | 0 |
| Zona= 2 | -0.0706 | 0.0657 | -1.07 | 0.283 | -0.0718 | 0.0808 | -0.89 | 0.374 | 0.5097 | 0.0770 | 6.62 | 0 | 0.2462 | 0.0643 | 3.83 | 0 |
| Distancia de venta de cacao (km) | 0.0029 | 0.0010 | 2.77 | 0.006 | 0.0019 | 0.0013 | 1.51 | 0.132 | 0.0001 | 0.0008 | 0.06 | 0.949 | 0.0007 | 0.0008 | 0.96 | 0.337 |
| Índice de riqueza quintil= 2 | -0.1212 | 0.0521 | -2.33 | 0.02 | 0.0561 | 0.0679 | 0.83 | 0.409 | 0.0367 | 0.0691 | 0.53 | 0.596 | -0.0223 | 0.0756 | -0.29 | 0.768 |
| Índice de riqueza quintil= 3 | -0.0487 | 0.0583 | -0.84 | 0.404 | 0.0731 | 0.0668 | 1.09 | 0.274 | 0.1234 | 0.0674 | 1.83 | 0.067 | -0.0127 | 0.0747 | -0.17 | 0.865 |
| Índice de riqueza quintil= 4 | 0.0241 | 0.0630 | 0.38 | 0.703 | 0.2184 | 0.0723 | 3.02 | 0.003 | 0.1048 | 0.0684 | 1.53 | 0.126 | -0.0678 | 0.0756 | -0.9 | 0.37 |
| Índice de riqueza quintil= 5 | -0.0012 | 0.0662 | -0.02 | 0.986 | 0.0858 | 0.0719 | 1.19 | 0.233 | -0.0051 | 0.0761 | -0.07 | 0.947 | -0.1775 | 0.0755 | -2.35 | 0.019 |
| R² | 0.152 | | | | 0.112 | | | | 0.214 | | | | 0.105 | | | |

EM= Efecto Marginal; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; z= Valor de z; P = Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

4.2.3. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la comercialización

Más allá de la puerta de la finca, los productores aumentaron la sofisticación de sus prácticas de mercado de varias maneras. Como se indicó anteriormente, la venta bajo un contrato puede ayudar a reducir el riesgo de precio y el riesgo de que el comprador no esté interesado en comprar a un precio razonable. Los productores que afirmaron que la razón principal para vender a un comprador en particular fue la proximidad geográfica (ventas cercanas) y aquellos que dijeron venderle al comprador por encargo (ventas personalizadas o por costumbre) fueron menos sofisticados que otros. Por otro lado, los productores que afirmaron estar dispuestos a considerar las ventas a un comprador alternativo fueron más sofisticados y se puede decir que mejoraron sus procesos de comercialización de cacao. Finalmente, se consideró que los productores de cacao que vendieron a compradores que penalizaron los envíos mixtos de cacao mejoraron sus procesos de comercialización. Es probable que reconozcan que los compradores con tales multas pueden negociar en mercados de mayor calidad y, por lo tanto, pueden ser una opción atractiva para los productores de alta calidad (Tabla 6).

Tabla 6. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la comercialización (variable dependiente = 1 si el productor adopta la actividad de mejoramiento). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Conoce el precio | | | | Venta bajo contrato | | | | Venta sin importar distancia | | | | Venta a otro comprador | | | |
|------------------------------------|------------------|---------------|-------|-------|---------------------|---------------|-------|-------|------------------------------|---------------|-------|-------|------------------------|---------------|-------|-------|
| | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $S_{\bar{x}}$ | z | P>z |
| Edad del jefe de hogar (años) | 0.0003 | 0.0023 | 0.13 | 0.899 | -0.0020 | 0.0013 | -1.57 | 0.116 | 0.0011 | 0.0016 | 0.72 | 0.474 | -0.0037 | 0.0016 | -2.26 | 0.024 |
| Experiencia en cacao (años) | -0.0015 | 0.0017 | -0.87 | 0.384 | 0.0007 | 0.0010 | 0.77 | 0.444 | 0.0019 | 0.0011 | 1.74 | 0.083 | 0.0025 | 0.0011 | 2.19 | 0.028 |
| Educación del jefe de hogar (años) | -0.0013 | 0.0064 | -0.21 | 0.836 | 0.0002 | 0.0033 | 0.06 | 0.948 | 0.0051 | 0.0041 | 1.24 | 0.214 | -0.0019 | 0.0044 | -0.43 | 0.664 |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.0882 | 0.0770 | 1.15 | 0.252 | 0.0525 | 0.0319 | 1.65 | 0.1 | -0.0530 | 0.0562 | -0.94 | 0.346 | 0.0819 | 0.0580 | 1.41 | 0.158 |
| Personas en el hogar (No.) | 0.0110 | 0.0226 | 0.49 | 0.627 | 0.0203 | 0.0119 | 1.7 | 0.088 | -0.0038 | 0.0151 | -0.25 | 0.801 | -0.0024 | 0.0152 | -0.16 | 0.876 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | -0.0410 | 0.0282 | -1.45 | 0.146 | -0.0351 | 0.0151 | -2.33 | 0.02 | 0.0018 | 0.0194 | 0.09 | 0.925 | 0.0049 | 0.0196 | 0.25 | 0.802 |
| Área total de la finca (ha) | 0.0001 | 0.0010 | 0.1 | 0.92 | 0.0002 | 0.0005 | 0.4 | 0.687 | -0.0022 | 0.0013 | -1.7 | 0.089 | 0.0005 | 0.0008 | 0.61 | 0.542 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | -0.0208 | 0.0660 | -0.32 | 0.752 | 0.0273 | 0.0358 | 0.76 | 0.446 | -0.0105 | 0.0443 | -0.24 | 0.812 | 0.0040 | 0.0443 | 0.09 | 0.928 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | 0.0266 | 0.0612 | 0.43 | 0.664 | 0.0759 | 0.0275 | 2.76 | 0.006 | -0.0595 | 0.0419 | -1.42 | 0.156 | -0.0266 | 0.0421 | -0.63 | 0.528 |
| Asociación de Cacao (%) | -0.0306 | 0.0684 | -0.45 | 0.655 | 0.1062 | 0.0413 | 2.57 | 0.01 | -0.0450 | 0.0441 | -1.02 | 0.307 | -0.2772 | 0.0644 | -4.31 | 0 |
| Días de campo (%) | 0.0670 | 0.0996 | 0.67 | 0.501 | -0.0448 | 0.0314 | -1.43 | 0.154 | -0.0411 | 0.0740 | -0.56 | 0.578 | 0.0433 | 0.0505 | 0.86 | 0.392 |
| Asesoramiento (%) | 0.0537 | 0.0683 | 0.79 | 0.431 | 0.0802 | 0.0374 | 2.15 | 0.032 | -0.0538 | 0.0407 | -1.32 | 0.187 | -0.0780 | 0.0495 | -1.58 | 0.115 |
| Zona= 1 | -0.0549 | 0.0893 | -0.61 | 0.539 | 0.0629 | 0.0400 | 1.57 | 0.116 | 0.0535 | 0.0425 | 1.26 | 0.208 | -0.1693 | 0.0397 | -4.26 | 0 |
| Zona= 2 | 0.0610 | 0.0929 | 0.66 | 0.511 | 0.0233 | 0.0436 | 0.53 | 0.593 | 0.1224 | 0.0501 | 2.45 | 0.014 | -0.1360 | 0.0438 | -3.1 | 0.002 |
| Distancia de venta de cacao (km) | -0.0002 | 0.0009 | -0.2 | 0.838 | 0.0010 | 0.0004 | 2.26 | 0.024 | | | | | -0.0012 | 0.0006 | -2.09 | 0.036 |
| Índice de riqueza quintil= 2 | 0.0892 | 0.0816 | 1.09 | 0.274 | 0.0407 | 0.0360 | 1.13 | 0.259 | -0.0772 | 0.0549 | -1.41 | 0.16 | -0.0150 | 0.0514 | -0.29 | 0.77 |
| Índice de riqueza quintil= 3 | 0.0651 | 0.0799 | 0.81 | 0.415 | 0.0813 | 0.0388 | 2.1 | 0.036 | -0.0247 | 0.0581 | -0.43 | 0.67 | -0.0695 | 0.0531 | -1.31 | 0.19 |
| Índice de riqueza quintil= 4 | 0.1830 | 0.0799 | 2.29 | 0.022 | 0.0579 | 0.0349 | 1.66 | 0.097 | -0.0956 | 0.0557 | -1.72 | 0.086 | -0.0904 | 0.0554 | -1.63 | 0.102 |
| Índice de riqueza quintil= 5 | 0.0764 | 0.0853 | 0.89 | 0.371 | 0.1317 | 0.0446 | 2.95 | 0.003 | -0.1103 | 0.0558 | -1.98 | 0.048 | -0.1130 | 0.0576 | -1.96 | 0.05 |
| R² | 0.03 | | | | 0.262 | | | | 0.124 | | | | 0.257 | | | |

EM= Efecto Marginal; $S_{\bar{x}}$ = Error estándar; z= Valor de z; P = Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

Continuación Tabla 6. Determinantes de la adopción de actividades de mejoramiento de la comercialización (variable dependiente = 1 si el productor adopta la actividad de mejoramiento). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Penalización mixta | | | | Venta sin tener en cuenta costumbre | | | |
|------------------------------------|--------------------|---------------|-------|-------|-------------------------------------|---------------|-------|-------|
| | EM | $s_{\bar{x}}$ | z | P>z | EM | $s_{\bar{x}}$ | z | P>z |
| Edad del jefe de hogar (años) | -0.0050 | 0.0020 | -2.42 | 0.015 | 0.0006 | 0.0022 | 0.26 | 0.797 |
| Experiencia en cacao (años) | -0.0010 | 0.0015 | -0.67 | 0.506 | 0.0050 | 0.0016 | 3.17 | 0.002 |
| Educación del jefe de hogar (años) | -0.0044 | 0.0057 | -0.77 | 0.44 | 0.0085 | 0.0061 | 1.39 | 0.165 |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.0284 | 0.0695 | 0.41 | 0.683 | 0.0407 | 0.0729 | 0.56 | 0.577 |
| Personas en el hogar (No.) | -0.0139 | 0.0201 | -0.69 | 0.49 | -0.0558 | 0.0221 | -2.53 | 0.011 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | -0.0330 | 0.0253 | -1.3 | 0.192 | 0.0256 | 0.0278 | 0.92 | 0.358 |
| Área total de la finca (ha) | -0.0004 | 0.0009 | -0.42 | 0.677 | 0.0000 | 0.0009 | 0.01 | 0.988 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | -0.0645 | 0.0602 | -1.07 | 0.284 | -0.0409 | 0.0623 | -0.66 | 0.511 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | -0.0435 | 0.0518 | -0.84 | 0.401 | -0.0001 | 0.0579 | 0 | 0.999 |
| Asociación de Cacao (%) | 0.1864 | 0.0518 | 3.6 | 0 | -0.1150 | 0.0638 | -1.8 | 0.072 |
| Días de campo (%) | -0.1450 | 0.0963 | -1.51 | 0.132 | -0.2131 | 0.0839 | -2.54 | 0.011 |
| Asesoramiento (%) | -0.0515 | 0.0623 | -0.83 | 0.408 | 0.0867 | 0.0645 | 1.34 | 0.179 |
| Zona= 1 | -0.1820 | 0.0565 | -3.22 | 0.001 | 0.0711 | 0.0842 | 0.84 | 0.398 |
| Zona= 2 | -0.3073 | 0.0639 | -4.81 | 0 | 0.0537 | 0.0877 | 0.61 | 0.541 |
| Distancia de venta de cacao (km) | 0.0006 | 0.0014 | 0.39 | 0.694 | 0.0000 | 0.0010 | -0.02 | 0.988 |
| Índice de riqueza quintil= 2 | 0.0303 | 0.0736 | 0.41 | 0.681 | -0.0719 | 0.0793 | -0.91 | 0.365 |
| Índice de riqueza quintil= 3 | -0.0201 | 0.0737 | -0.27 | 0.785 | -0.0883 | 0.0766 | -1.15 | 0.249 |
| Índice de riqueza quintil= 4 | -0.0187 | 0.0753 | -0.25 | 0.804 | -0.1944 | 0.0775 | -2.51 | 0.012 |
| Índice de riqueza quintil= 5 | 0.1493 | 0.0706 | 2.12 | 0.034 | -0.2072 | 0.0814 | -2.55 | 0.011 |
| R² | 0.106 | | | | 0.093 | | | |

EM= Efecto Marginal; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; z= Valor de z; P = Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

4.3. Agregación de categorías de actualización

Las variables que reflejaron los resultados de la mejora agregada (producción, post-cosecha y mejora del mercado) se construyeron sumando el número de actividades de sub-escenario en las que participó el encuestado (la Tabla 7 muestra los resultados de la mejora agregada). Si bien los agregados no variaron mucho según la zona de producción, se observó que, en general, los productores en la zona Oriental (que comprenden los cantones de Junín, Pichincha, Portoviejo y Santa Ana) adoptaron más mejoras que los de las otras dos zonas. La diferencia se debió a su mayor uso de la producción y la mejora posterior a la cosecha; las diferencias en la mejora de la comercialización por zona fueron muy pequeñas. Las determinantes de este recuento agregado se estimaron utilizando los mismos regresores que se usaron para estimar las determinantes de las actividades de mejoramiento específicas (Tablas 4, 5 y 6).

Tabla 7. Comportamiento de la actualización de la cadena de valor agregada por zona de producción (suma de actualizaciones de la Tabla 5.3). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Actualización de agregados | Promedio de actividades adoptadas | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | Manabí | Costera | Central | Oriental |
| 1) Producción | 2.70 | 2.37 | 2.65 | 2.93 |
| 2) Post-cosecha | 1.43 | 1.02 | 1.45 | 1.55 |
| 3) Valor agregado y mercado | 2.72 | 2.86 | 2.69 | 2.71 |
| 1+2+3 | 6.85 | 6.26 | 6.78 | 7.21 |

Los resultados de la Tabla 8 muestran que las determinaciones difirieron según el resultado agregado. Por ejemplo, la membresía en una Asociación de cacao se asoció positivamente con el uso de la mejora relacionada con la producción, mientras que se asoció negativamente con el uso de técnicas de mejora post-cosecha. Este resultado era esperado porque, como se señaló anteriormente, los productores de cacao Nacional tuvieron más probabilidades de unirse a las Asociaciones de cacao y menos probabilidades de utilizar técnicas de procesamiento posteriores a la cosecha, como la fermentación y el posterior secado. Por otro lado, proporcionó evidencia adicional de que las Asociaciones de cacao brindaron más apoyo que solo proporcionar un punto de venta. Parece que promovieron mejores técnicas de producción, como la poda y el manejo de la fertilidad. Los productores que afirmaron recibir asesoramiento sobre el cultivo de cacao también adoptaron significativamente más actividades de mejora de la producción que realizaron aquellos que no recibieron asesoramiento. El tamaño de este coeficiente es aproximadamente el mismo que para la membresía en una organización de cacao, y parecería que los consejos se limitaron principalmente al asesoramiento sobre producción (el coeficiente fue significativo en las regresiones para las otras dos actividades de mejoramiento). Una vez que se controló la membresía en una organización de cacao, el genotipo producido no se asoció con la adopción de ninguno de estos agregados de actualización, excepto la mejora de producción. La educación de los productores también estuvo relacionada positiva y significativamente con la mejora de la producción, pero no con los otros dos tipos de actualizaciones.

Tabla 8. Determinantes de la mejora agregada. Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Producción | | | | Post-cosecha | | | | Valor agregado y mercado | | | |
|------------------------------------|--------------|---------------|-------|-------|--------------|---------------|-------|-------|--------------------------|---------------|-------|-------|
| | Coef. | $s_{\bar{x}}$ | T | P>t | Coef. | $s_{\bar{x}}$ | T | P>t | Coef. | $s_{\bar{x}}$ | t | P>t |
| Edad del jefe de hogar (años) | 0.0026 | 0.0054 | 0.47 | 0.637 | -0.0136 | 0.0047 | -2.92 | 0.004 | -0.0085 | 0.0044 | -1.93 | 0.054 |
| Experiencia en cacao (años) | -0.0129 | 0.0040 | -3.21 | 0.001 | 0.0021 | 0.0034 | 0.61 | 0.545 | 0.0083 | 0.0033 | 2.55 | 0.011 |
| Educación del jefe de hogar (años) | 0.0283 | 0.0148 | 1.91 | 0.057 | -0.0102 | 0.0127 | -0.8 | 0.423 | 0.0048 | 0.0121 | 0.4 | 0.691 |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.0237 | 0.1827 | 0.13 | 0.897 | -0.0744 | 0.1569 | -0.47 | 0.636 | 0.2577 | 0.1487 | 1.73 | 0.084 |
| Personas en el hogar (No.) | 0.0200 | 0.0531 | 0.38 | 0.707 | -0.0317 | 0.0456 | -0.7 | 0.487 | -0.0434 | 0.0432 | -1 | 0.316 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | 0.0314 | 0.0666 | 0.47 | 0.638 | -0.0085 | 0.0573 | -0.15 | 0.882 | -0.0726 | 0.0542 | -1.34 | 0.182 |
| Área total de la finca (ha) | -0.0053 | 0.0023 | -2.32 | 0.021 | 0.0031 | 0.0020 | 1.59 | 0.112 | -0.0002 | 0.0019 | -0.12 | 0.907 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | -0.0473 | 0.1536 | -0.31 | 0.758 | 0.1812 | 0.1320 | 1.37 | 0.171 | -0.1139 | 0.1250 | -0.91 | 0.363 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | -0.3511 | 0.1449 | -2.42 | 0.016 | 0.1089 | 0.1245 | 0.88 | 0.382 | -0.0880 | 0.1179 | -0.75 | 0.456 |
| Asociación de Cacao (%) | 0.5102 | 0.1583 | 3.22 | 0.001 | -0.5482 | 0.1360 | -4.03 | 0 | -0.1538 | 0.1289 | -1.19 | 0.233 |
| Días de campo (%) | 0.0309 | 0.2327 | 0.13 | 0.895 | 0.1614 | 0.1999 | 0.81 | 0.42 | -0.2320 | 0.1894 | -1.23 | 0.221 |
| Asesoramiento (%) | 0.3921 | 0.1627 | 2.41 | 0.016 | 0.1006 | 0.1398 | 0.72 | 0.472 | 0.0029 | 0.1324 | 0.02 | 0.983 |
| Zona= 1 | -0.0042 | 0.2080 | -0.02 | 0.984 | 0.5800 | 0.1787 | 3.25 | 0.001 | -0.2116 | 0.1693 | -1.25 | 0.212 |
| Zona= 2 | 0.3244 | 0.2164 | 1.5 | 0.135 | 0.6347 | 0.1859 | 3.41 | 0.001 | -0.1618 | 0.1761 | -0.92 | 0.359 |
| Distancia de venta de cacao (km) | 0.0009 | 0.0021 | 0.42 | 0.671 | 0.0039 | 0.0018 | 2.2 | 0.029 | -0.0006 | 0.0017 | -0.35 | 0.729 |
| Riqueza productiva quintil= 2 | 0.4211 | 0.1881 | 2.24 | 0.026 | 0.1490 | 0.1616 | 0.92 | 0.357 | -0.2340 | 0.1531 | -1.53 | 0.127 |
| Riqueza productiva quintil= 3 | 0.8010 | 0.1850 | 4.33 | 0 | 0.1549 | 0.1590 | 0.97 | 0.331 | -0.1865 | 0.1506 | -1.24 | 0.216 |
| Riqueza productiva quintil= 4 | 0.8990 | 0.1817 | 4.95 | 0 | 0.4198 | 0.1561 | 2.69 | 0.007 | -0.2367 | 0.1479 | -1.6 | 0.11 |
| Riqueza productiva quintil= 5 | 0.9855 | 0.1983 | 4.97 | 0 | 0.2821 | 0.1703 | 1.66 | 0.099 | -0.2198 | 0.1614 | -1.36 | 0.174 |
| Constante | 1.8915 | 0.4496 | 4.21 | 0 | 1.5751 | 0.3863 | 4.08 | 0 | 3.5485 | 0.3660 | 9.7 | 0 |
| R² | 0.234 | | | | 0.099 | | | | 0.093 | | | |

Coef.= Coeficiente; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; t= Valor de t; P = Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

La riqueza productiva también estuvo asociada positiva y fuertemente con la adopción de prácticas de mejora de la producción. Los hogares en los tres primeros quintiles de riqueza productiva adoptaron entre 0.8 y 1 actividades adicionales de mejoramiento productivo en comparación con los hogares en los quintiles más bajos. Este hallazgo presentó evidencia adicional de que la riqueza puede ser una restricción para la mejora en la industria del cacao. A diferencia de la cadena de mercado de mora en Ecuador (Barrera *et al.*, 2017), los productores pobres no pueden mejorar sus procesos de producción de cacao. La riqueza también parece ser una barrera, pero menos formidable, para la adopción de mejores prácticas de procesamiento post-cosecha. El número agregado de estas actividades adoptadas por los productores del cuarto y quinto quintil fue 0.4 y 0.3 actividades mayores que las adoptadas por los productores en el quintil de riqueza productiva más bajo (eliminado).

Curiosamente, la regresión para las actividades de mejora de la producción agregada, se ajustaron a los datos mucho mejor que los de los otros dos agregados. El R^2 para la primera regresión fue un respetable 0.23, mientras que los de los agregados post-cosecha y de mercado fueron inferiores a 0.10. La regresión de mercadeo mostró pocas determinantes significativas del número agregado de actividades adoptadas; la edad se asoció negativamente (significativamente) con este resultado, mientras que la experiencia se asoció positivamente con la adopción de actualizaciones de mercado agregadas. Sin embargo, para ambas variables, la magnitud del coeficiente fue relativamente pequeña. Los hogares encabezados por hombres también adoptaron más actividades de actualización de mercado (aproximadamente un cuarto de actividad adicional, en promedio). Ninguna de las variables de riqueza o variables que reflejaron el genotipo producido o la pertenencia a una organización de cacao fueron significativas.

4.4. Actualización agregada: la suma de los tres tipos

Se emprendió una regresión adicional para explorar las determinantes de la mejora agregada considerando la suma de las tres categorías de mejora descritas anteriormente. Esta regresión reflejó las determinantes de la intensidad de la adopción de la mejora de la cadena de valor por parte de los productores de cacao; las variables dependientes fueron sumas de las diferentes categorías descritas anteriormente. Este resultado también se estimó como regresión lineal (Tabla 9).

La regresión mostró un ajuste razonable; como se esperaba, el R^2 se encontró a medio camino entre el ajuste (bueno) del escenario de producción y los otros dos (no tan buenos) modelos de actualización. En primer lugar, mostró que los productores de mayor edad adoptaron menos mejoras; se esperaba este resultado ya que los productores mayores tenían tendencia a ser más conservadores en su toma de decisiones. En segundo lugar, sorprendentemente, la experiencia en el manejo del cultivo de cacao no se relacionó significativamente con la adopción de todos los escenarios de mejoramiento.

Ni el genotipo producido ni la pertenencia a una organización de cacao fueron factores determinantes estadísticamente significativos de la mejora agregada. Sin embargo, los productores que recibieron asesoramiento adoptaron, en promedio, aproximadamente la mitad de las mejoras agregadas adicionales en comparación con aquellos que no informaron haber recibido asesoramiento. Como se señaló anteriormente, es probable que estas actualizaciones estuvieran relacionadas con la producción, ya que la adopción de los otros tipos de actualizaciones no se asoció significativamente con la recepción de asesoramiento. La influencia de la riqueza en la capacidad de actualización también fue visible en la regresión agregada; como se esperaba, los hogares en los dos quintiles de riqueza productiva más altos adoptaron, en promedio, una actividad de mejora adicional en comparación con los del quintil más bajo.

Tabla 9. Determinantes de la actualización agregada (suma de tres componentes agregados). Provincia de Manabí-Ecuador, 2019.

| Variables | Coef. | $s_{\bar{x}}$ | T | P>t |
|------------------------------------|---------------|---------------|-------|-------|
| Edad del jefe de hogar (años) | -0.0196 | 0.0085 | -2.30 | 0.022 |
| Experiencia en cacao (años) | -0.0025 | 0.0063 | -0.39 | 0.697 |
| Educación del jefe de hogar (años) | 0.0229 | 0.0233 | 0.98 | 0.328 |
| Hombres jefe de hogar (%) | 0.2069 | 0.2875 | 0.72 | 0.472 |
| Personas en el hogar (No.) | -0.0552 | 0.0836 | -0.66 | 0.509 |
| Personas en edad de trabajar (No.) | -0.0497 | 0.1049 | -0.47 | 0.636 |
| Área total de la finca (ha) | -0.0024 | 0.0036 | -0.67 | 0.504 |
| Trabajo fuera de la finca (%) | 0.0199 | 0.2418 | 0.08 | 0.934 |
| Siembra de cacao Nacional (%) | -0.3302 | 0.2280 | -1.45 | 0.148 |
| Asociación de Cacao (%) | -0.1919 | 0.2492 | -0.77 | 0.442 |
| Días de campo (%) | -0.0398 | 0.3662 | -0.11 | 0.914 |
| Asesoramiento (%) | 0.4956 | 0.2561 | 1.94 | 0.054 |
| Zona= 1 | 0.3642 | 0.3273 | 1.11 | 0.266 |
| Zona= 2 | 0.7973 | 0.3406 | 2.34 | 0.020 |
| Distancia de venta de cacao (km) | 0.0042 | 0.0032 | 1.29 | 0.198 |
| Riqueza productiva quintil= 2 | 0.3361 | 0.2961 | 1.14 | 0.257 |
| Riqueza productiva quintil= 3 | 0.7693 | 0.2912 | 2.64 | 0.009 |
| Riqueza productiva quintil= 4 | 1.0821 | 0.2860 | 3.78 | 0.000 |
| Riqueza productiva quintil= 5 | 1.0478 | 0.3120 | 3.36 | 0.001 |
| Constante | 7.0151 | 0.7077 | 9.91 | 0.000 |
| R² | 0.1630 | | | |

Coef.= Coeficiente; $s_{\bar{x}}$ = Error estándar; t= Valor de t; P = Probabilidad; R²= Coeficiente de determinación.

5. CONCLUSIONES

Este análisis fue más allá de la mayoría de los estudios de cadenas de valor que tratan la participación en una cadena de valor “moderna” como un estado discreto. La industria del cacao en Manabí-Ecuador es diversa, con productores relativamente pequeños que pueden adoptar una variedad de mejoras en la producción, el procesamiento posterior a la cosecha y la comercialización. La industria está evolucionando gradualmente y no tiene cadenas de mercado "modernas" claramente discernibles a pesar del hecho de que CCN-51 es un clon relativamente nuevo. Los intermediarios informales aún ocupan un lugar prominente en la cadena de valor, pero los productores del genotipo Nacional se distinguieron por el hecho de que estos se unen a las Asociaciones de cacao para la comercialización, a pesar de la evidencia de que recibieron precios más bajos por su genotipo que otros agentes de compras. Los productores de CCN-51 confiaron más en intermediarios y ventas a compradores locales. La contratación fue rara y la mayoría del control de calidad fue informal. En esta situación, los productores de cacao pueden seleccionar incrementalmente acciones para realizar mejoras (actualizaciones) en múltiples dimensiones. Las prácticas en las fincas para mejorar la productividad de la finca y la calidad del cacao pueden llevar a grandes recompensas, pero acciones para aumentar la sofisticación del mercado, muchas de las cuales no implican un riesgo sustancial o inversión, se asociaron con menores precios recibidos. Este último hallazgo requiere mayor investigación.

El estudio mostró que los obstáculos para la participación en las mejoras de la cadena de valor no son insuperables. En particular, la escala de producción no es un factor limitante: a los pequeños productores no se les impide adoptar prácticas mejoradas y sufren muy poco en términos del precio recibido con solo un incremento del uno por ciento en el precio. Sin embargo, una barrera

significativa fue evidente en la riqueza productiva de los productores. Los productores con equipos más productivos fueron significativamente más propensos a adoptar mejoras de producción, post-cosecha y comercialización. Los esfuerzos para mejorar la cadena de valor del cacao de Manabí deberían tener amplios impactos si se supera esta barrera de la riqueza.

Si bien las acciones de políticas como la capacitación en producción y las prácticas de comercialización no parecen haber afectado la participación (es decir, la participación en capacitación no está relacionada estadísticamente con el uso de actividades de mejora), hay razones para ser optimistas porque los productores fueron muy receptivos al asesoramiento recibido. Los resultados sugieren que la capacitación debería centrarse en mensajes simples, y el seguimiento y la disponibilidad de consejos de extensión serán importantes. Si bien algunas acciones de mejoramiento implican altos costos (como el riego), muchas, como la poda y el manejo de la fertilidad, no tienen un costo prohibitivo. Las mejoras relacionadas con el mercado, como obtener información de varios compradores, exhibir flexibilidad en las ventas y vender en función del precio recibido en lugar de las tradiciones, son todas de costo relativamente bajo. Los hallazgos no sugieren que se elimine la capacitación en producción y prácticas fitosanitarias, solo que el menú de capacitación se amplíe a temas adicionales. También podrían explorarse los esfuerzos para formar grupos de productores y fomentar una mayor contratación.

Otra característica del estudio fue el enfoque en los precios recibidos. Los impactos de la entrada en nuevos acuerdos fueron difíciles de identificar, porque los productores se seleccionan a sí mismos en estos acuerdos y fue difícil separar los factores que afectaron la selección de aquellos que afectaron el resultado. La adopción de nuevas prácticas tendría implicaciones para el uso de la tierra y el trabajo, la toma de decisiones de los hogares, los flujos de efectivo, los riesgos y otros, y el análisis de los efectos en los ingresos y el consumo se complicó por numerosos cambios simultáneos. Las técnicas para identificar los impactos de la mejora de la actividad en los precios recibidos están menos sujetas a complicaciones debido a múltiples factores de confusión. Se puede decir con relativa seguridad que estas acciones mejorarán los precios recibidos por los productores de cacao en Manabí; los impactos en otras medidas del bienestar del hogar fueron mucho menos seguros.

6. LITERATURA CITADA

- Appiah, M.R.; Ofori-Frimpong, K. y Afrifa, A. 2000. *Evaluation of fertilizer application on some peasant cocoa farms in Ghana*. Ghana Journal of Agricultural Science 33(2): 183-190.
- Amores, F.; Suárez, C. y Garzón, I. 2010. *Producción intensiva de cacao Nacional con sabor "arriba": Tecnología, presupuesto y rentabilidad*. Manual Técnico No. 82. Estación Experimental Tropical Pichilingue, INIAP. Quevedo, Ecuador. 170 p.
- Barrera, V.; Alwang, J.; Andrango, G.; Domínguez, J.; Escudero, L.; Martínez, A.; Jácome, R. y Arévalo, J. 2017. *La cadena de valor de la mora y sus impactos en la Región Andina del Ecuador*. Boletín Técnico No. 171 ARCOIRIS Producciones Gráficas. Quito, Ecuador. 161 p.
- Barrera, V. y Grijalva, J. 2001. *Producción, Agroindustria, Mercadeo y Consumo de Leche y Carne en el Valle del Quijos y el Puyo*. INIAP. Quito, Ecuador. 30 pp.
- BCE. 2017. *Evolución de la Balanza Comercial. Enero-Diciembre 2016*. Banco Central del Ecuador. 23 p.
- Blandon, J.; Henson, S. y Cranfield, J. 2009. *Small-scale farmer participation in new agri-food supply chains: case of the supermarket supply chain for fruit and vegetables in Honduras*. Journal of International Development 21 (7): 971-984.
- Berdegú, J.; Hernández, R. y Reardon, T. 2008. *Modern market channels and strawberry farmers in Michoacán, México*. Selected Poster for AAEA Annual Meeting.

- Carrera, M. 2014. *Análisis sobre el desarrollo de la comercialización internacional del cacao Nacional fino o de aroma, del 2002 al 2012, su producción e impacto político, económico y social*. Disertación de grado previa a la obtención del título de Licenciada Multilingüe en Negocios y Relaciones Internacionales. Facultad de Comunicación Lingüística y Literatura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. 144 p.
- Céleri, M. 2008. *Análisis de la cadena productiva de la leche y sus derivados en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar*. Tesis de Ingeniero Agroforestal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Estatal de Bolívar. Guaranda-Ecuador. 68 pp.
- CEPAL. 2013. *Diagnóstico de la cadena productiva del cacao en el Ecuador*. Resumen elaborado por la Secretaría Técnica del Comité Interinstitucional para el cambio de la matriz productiva - Vicepresidencia del Ecuador. 10 p.
- Corley, R. 1985. *Yield potentials of plantation crops*. In: Potassium in the agricultural systems of the humid tropics. Proceedings of the 19th Colloquium International Potash Institute. International Potash Institute, Bern, Switzerland, pp. 61–80.
- Dries, L. y Swinnnen, J. 2004. *Foreign Direct Investment, Vertical Integration, and Local Suppliers: Evidence from the Polish Dairy Sector*. World Development 32 (9): 1525–1544.
- Escobal, J. y Cavero, D. 2011. *Transaction Costs, Institutional Arrangements and Inequality Outcomes: Potato Marketing by Small Producers in Rural Peru*. World Development, 40 (2): 329-341.
- ESPAC. 2016. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Consultado marzo 2018. Disponible en <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- FAO. 2006. *Análisis prospectivo de política para la integración de cadenas*. Food and Agriculture Organization (<http://www.sagarpa.gob.mx/programas/evaluaciones/Eszternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/10/Prospectivo%20Cadenas.pdf>). Consultado enero del 2018.
- Feder, G.; Just, R. and Zilberman, D. 1985. *Adoption of Agricultural Innovations in Developing Countries: A Survey*. Economic Development and Cultural Change, 33 (2), 255-298.
- González, A. 2012. *Modelo de empresa asociativa acopiadora de cacao fino de aroma para los productores del cantón Quinsaloma*. Tesis de grado Magister en Administración de Empresas. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil-Ecuador. 319 pp.
- Grijalva, J. 2005. *Expansión de la ganadería bovina en la Amazonía y su impacto sobre la deforestación en el contexto ecuatoriano*. Tesis de doctorado por el Instituto Nacional de Agronomía de París. París, Grignon. 248 pp.
- Handschuch, C.; Wollni, M. y Villalobos, P. 2013. *Adoption of food safety and quality standards among Chilean raspberry producers – Do smallholders benefit?*. Food Policy 40: 64.
- Hernández, R.; Berdegué, J. y Reardon, T. 2012. *Modern Markets and Guava Farmers in Mexico*. Selected Paper for IAAE Conference.
- Hernández, R.; Reardon, T. y Berdegué, J. 2007. *Supermarkets, wholesalers, and tomato growers in Guatemala*. Agricultural Economics 36 (3), 281-290.
- Humphrey, J. y Schmitz, H. 2002. *How does insertion in global value chains affect upgrading in industrial clusters?*. Regional studies 36: 1017-1027.
- INAMHI. 2006. *Caracterización hidrogeológica de las cuencas Portoviejo – Chone*. Ministerio de Minas y Energía. Quito, Ecuador. 23 p.

- Loor, N. 2007. *Proyecto rehabilitación de huertas y fermentación del cacao fino de aroma bajo riego*. Centro de Educación Continua, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. 53 p.
- Neven, D. y Reardon, T. 2004. *The rise of Kenyan supermarkets and the evolution of their horticulture product procurement systems*. *DevelopmentPolicyReview*, 22 (6): 669–699.
- Peralta, E.; Barrera, V.; Unda, J.; Guala, M. y Tacán, M. 2001. *Estudio de la productividad, postcosecha, mercado y consumo de fréjol arbustivo en el Valle del Chota*. Quito, Ecuador. 120 pp.
- Porter, M. 2006. *Ventaja competitiva*. Quinta reimpresión. México: CECSA.
- Quist-Wessel, Q. 2015. *Cocoa production in West Africa. A review and analysis of recent development*. *NJAS-Wageningen Journal of life Science*. 74/75, 1-7. Doi: 10.1016/j.njas.2015.07.001
- Ramírez. 2006. *Estructura y dinámica de la cadena de cacao en el Ecuador. Sistematización de información y procesos en marcha*. Documento técnico. Quito, Ecuador. 72 p.
- Rao, E. y Qaim, M. 2010. *Supermarkets, Farm Household Income, and Poverty: Insights from Kenya*. *World Development*, 39 (5): 784-796.
- SINAGAP. 2017. *Proyecciones III Censo Nacional Agropecuario 2000*. Sistema de Información del Agro. Consultado Agosto 2017. Disponible en <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/resultados-censo-nacional/file/591-reporte-de-resultados-censo-nacional-completo>.
- Sotomayor, D. 2011. *Estimación de los retornos de las inversiones realizadas por INIAP en investigación y transferencia de tecnologías en cacao, Ecuador (2000-2010)*. Departamento de Ciencias de la Vida, Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias, Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Ecuador. 103 p.
- Swinen, J. 2004. *The dynamics of vertical coordination in ECA agrifood chains: Implications for policy and bank operations (Vol. 1)*. Washington, DC: World Bank.
- Vassallo, M. 2015. *Diferenciación y agregado de valor en la cadena ecuatoriana del cacao*. 1ª. ed. Editorial IAEN. ISBN: 978-9942-950-51-2. Quito-Ecuador. 156 p.
- Wessel, M. 1971. *Fertiliser requirements of cacao in South-western Nigeria*. Communication No. 61. Departaments of Agricultural Research. Royal Tropical Institute, Netherland.
- Yapp, J. y Hadley, P. 1991. *Inter-relationships between canopy architecture, light interception, vigour and yield in cocoa: Implications for improving production efficiency*. In *Proceedings of the International Cocoa Conference: Challenges in the 1990s*. Kuala Lumpur, Malaysia, September 25-28, 1991.

Determinación de los factores que influyen en la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción prevalentes en la provincia de Galápagos-Ecuador

1. ANTECEDENTES

El Archipiélago de Galápagos reconocido desde 1959 por la UNESCO como Patrimonio Natural de la Humanidad, poseedor de una alta biodiversidad con importantes niveles de endemismo en su flora y fauna, supone un gran reto de gobernabilidad para el Estado Ecuatoriano, que a través de la figura del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (DPNG, 2014), apoya la conservación de estas áreas como espacios de convivencia armónica entre el hombre y la naturaleza, como parte de la política nacional que promueve el desarrollo sostenible.

Galápagos se puede conceptuar como un tipo particular de Sistema Socioecológico o Socioecosistema (González *et al.*, 2008). Por un lado, el sistema natural y el socioeconómico comparten muchas características y están ligados por procesos dinámicos y mecanismos recíprocos de retroalimentación, con un importante intercambio de energía y materiales a través de sus fronteras. Estos vínculos han sido y seguirán siendo, un factor determinante de la situación del archipiélago. Las actividades económicas, incluyendo el turismo, la pesca artesanal o la agricultura, dependen de la integridad de estos ecosistemas nativos y los servicios que estos generan (Tapia *et al.*, 2009).

De la superficie terrestre de Galápagos (799771 hectáreas), el 96.7% es área protegida por el Parque Nacional Galápagos (PNG) y el 3.3% corresponde a zonas de asentamientos humanos (urbanos y rurales), de las cuales 19010 hectáreas son terrenos destinados a las actividades agropecuarias en la provincia insular e identificadas como Unidades de Producción Agropecuarias (UPAs) (CGREG, 2014). Actualmente en las cuatro islas pobladas existen 755 UPAs, distribuidas 357 en Santa Cruz, 260 en San Cristóbal, 127 en Isabela y 11 en Floreana, en donde están involucrados como responsables 568 hombres y 187 mujeres (CGREG, 2014).

La agricultura y ganadería de subsistencia ha sido el denominador común y permanente de la actividad en las islas (CGREG, 2016); no obstante, sin llegar a explotaciones de alto rendimiento, las labores agrícolas y ganaderas, han sido fundamentales durante los consecutivos procesos de colonización, mismos que terminan siendo responsables de la presencia de la agricultura en las islas, a través de los colonos, quienes ingresaban sus plantas y semillas, o a través de la crianza de animales, según el modelo de subsistencia de sus lugares de origen, lo que explica la gama de productos de Costa, Sierra y Oriente que en la actualidad crece en las islas, además de la presencia de ganado bovino, porcino, caprino, equino y aves.

Pese a que más de 640 plantas vasculares han sido introducidas por el hombre a Galápagos, 90% de ellas deliberadamente desde el descubrimiento de las islas (CGREG, 2016), pocos son los estudios generados para conocer la organización, manejo, producción y uso de estas especies relacionadas con la alimentación y la agricultura dentro de los posibles sistemas de producción que estarían presentes en las islas y el flujo de energías al interior de estos.

En 2010 el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG) realiza la Encuesta de condiciones de vida de Galápagos 2009-2010, dentro de la cual se registra indicadores demográficos y las principales actividades socioeconómicas, entre las que cuenta la actividad agropecuaria; sin embargo, en un esfuerzo interinstitucional en 2014 realiza el Censo de Unidades de Producción Agropecuaria de Galápagos, (CGREG, 2014), con el objetivo de sistematizar y conocer las características específicas de la realidad del sector agropecuario como uno de los motores de la economía local y nacional, proyectándolo como eje del cambio de la matriz productiva del Ecuador, reconociendo además el potencial de éste en la seguridad alimentaria de la población insular. Para la elaboración de

este documento se contó con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería, para fortalecer los temas de producción y denominación de las UPAs.

En 2016, la Organización No gubernamental (ONG) Conservación Internacional, en conjunto con la Dirección Provincial Agropecuaria de Galápagos (DPAG), realiza el estudio “Ensayos económicos del sector agrícola de Galápagos” en Santa Cruz, con el objetivo de evaluar la realidad económica de este sector en la isla, llegando a tipificar las fincas según su mayor vocación, en este sentido, se ha identificado fincas de tipo hortícola, ganadera y caficultora, según su extensión en pequeñas, medianas y grandes (Viteri y Vergara, 2017).

En la actualidad, la producción agropecuaria insular no opera a un nivel de eficiencia que permita la seguridad y soberanía alimentaria de las islas, resultando en una alta dependencia de alimentos e insumos productivos importados desde el continente. Adicionalmente, los altos volúmenes de importación facilitan la introducción de plagas y especies invasoras que amenazan la viabilidad productiva y económica de la agricultura, y la conservación del delicado ecosistema de las islas. Además, la presencia de productos importados, con precios artificialmente competitivos, ahoga el mercado y debilita la rentabilidad de la producción local (Viteri y Vergara, 2017).

Siendo que la continua interacción entre los cultivos, las prácticas de manejo agrícola y sus ambientes, solo ha sido posible a través de la intervención de los agricultores y agricultoras; que desde hace varios años se han encargado del manejo de la agrobiodiversidad, el INIAP presente en las islas desde el 2015, concluye en 2017, el estudio “Conocimiento, manejo y uso de la agrobiodiversidad en la isla San Cristóbal”, mediante el cual se ha llegado a conocer el perfil del agricultor, la agrobiodiversidad que conserva y el manejo que recibe, dentro de los espacios destinados a las actividades agropecuarias, que en la isla involucran alrededor de 55.77 km² (Allauca *et al.*, 2018)

Mientras por un lado se produce un acelerado crecimiento de la población residente y del número de turistas que anualmente visitan las islas, 28000 y 218000, respectivamente (DPNG&OTG, 2016), por otro, entre el 2000 y 2014, se registran cambios en el uso de suelo que revelan una partición de tierras destinadas a la agricultura, provocando un incremento del número de UPAs, lo cual deja entrever una considerable división de tierras y disminución del tamaño de las UPAs. En efecto, el número de UPAs de menor extensión se ha incrementado en contraste con la disminución del número de sistemas de producción más grandes (Censo Agropecuario de Unidades de Producción Agropecuaria, 2014). Del año 2000 al 2014, las UPAs con menos de 20 hectáreas de superficie se incrementaron de 337 a 530 UPAs, mientras que aquellas que tenían una superficie mayor, pasaron de 267 a 225 UPAs; parcelación que ejerce acelerada presión sobre los ecosistemas y la biodiversidad de las áreas protegidas por la demanda de servicios ambientales (CGREG, 2016).

En un intento de dar un enfoque de análisis sistémico, es importante considerar que los sistemas de producción en Galápagos se han constituidos por tres elementos principales en interacción: 1) el medio explotado, 2) el entorno ambiental (protegido), y 3) los medios de producción (Viteri y Vergara, 2017), sobre los cuales la limitada disponibilidad de capital ha generado un proceso de extensificación de los sistemas de producción, que se traduce mediante el desarrollo de prácticas similares a actividades extractivas: sin mantenimiento y sin inversión, aprovechando lo que dispone en los sistemas de producción (árboles maderables, café de herencia no mantenidos, pastos naturales, etc.)

En el actual contexto de cambios climáticos, incremento de temperatura y disminución de lluvias, y de explotación intensiva de recursos, que se experimentan en el Archipiélago, es necesario redefinir el papel de la agricultura y su contribución al desarrollo sostenible de las islas. Conseguir que la agricultura asuma eficientemente el reto de garantizar de manera simultánea la conservación de sus agroecosistemas y la seguridad alimentaria de la población insular, actual y futura, en equilibrio con el ambiente, es el desafío de todos.

De manera general, el bajo nivel de productividad agropecuaria en el interior de las UPAs en la región insular es provocado por la falta de tecnologías sustentables acorde al régimen de conservación insular,

ya que hasta ahora los procesos de transferencia que se llevan a cabo a través de actividades de asistencia técnica, se basan en tecnologías que no han sido validadas y generadas para las condiciones de Galápagos, haciendo que los productores enfrenten baja productividad, pérdidas económicas que redundan en bajos niveles de ingresos económicos que provocan cambio de actividades agropecuarias a actividades turísticas con el consiguiente abandono de tierras donde la presencia de especies invasoras y patógenos constituyen una seria amenaza a la biodiversidad del PNG, que se incrementa cada año.

Ante esta realidad, el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), lidera un Plan de Bioagricultura para Galápagos, a través del cual se busca reducir el volumen de alimentos introducidos desde el continente, motivando la productividad basada en la agroecología, convirtiendo a la agricultura como la primera actividad corresponsable de la conservación de las islas; para el efecto, solicita la participación del INIAP, que desde 2015, a través del Programa “Investigación, transferencia de tecnologías agropecuarias sustentables y amigables con el ecosistema de Galápagos” contribuye al incremento de la productividad de cultivos de consumo masivo con la finalidad de promover el autoabastecimiento de las islas en el mediano y largo plazo.

Sin embargo, para cumplir de manera eficiente este objetivo, constituye prioridad la caracterización y tipificación de los sistemas de producción presentes en las islas, que permita la elaboración de alternativas tecnológicas amigables con el ecosistema de Galápagos, que contribuya al desarrollo de una agricultura sostenible y la conservación ecológica de Galápagos. Es importante recalcar que este estudio va más allá de lo que realizaron Viteri y Vergara (2017), quienes se limitaron a definir los sistemas en base a variables económicas, sin considerar los aspectos socio-económicos, ambientales y productivos.

Respetando la particularidad ecosistémica y de ubicación geográfica que existen en cada una de las islas, se plantea desarrollar inicialmente este estudio en Santa Cruz y San Cristóbal, islas que poseen el mayor número de UPAs. Además de que, para el caso de San Cristóbal, éste se vería complementado con los resultados obtenidos del estudio sobre la agrobiodiversidad realizado por el INIAP, posibilitando la recomendación del establecimiento de sistemas de producción agrobiodiversos resilientes, como un mecanismo de adaptación a los efectos que el cambio climático.

2. OBJETIVOS

2.1. General:

Determinar los factores que influyen en la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción prevalentes en las islas Santa Cruz y San Cristóbal con el propósito de promover alternativas tecnológicas amigables con el ecosistema de Galápagos.

2.2. Específicos:

- Caracterizar los sistemas de producción prevalentes en las zonas agropecuarias de la provincia de Galápagos.
- Identificar las estrategias de los medios de vida de los diferentes tipos de productores prevalentes en las zonas agropecuarias de la provincia de Galápagos.
- Promover alternativas de mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción prevalentes en las zonas agropecuarias de la provincia de Galápagos.

3. METODOLOGÍA

3.1. Características generales de las zonas

El Archipiélago de Galápagos se ubica en el océano Pacífico a la altura de la línea ecuatorial que pasa por su montaña más alta, el volcán Wolf, situado al norte de la isla Isabela. El Archipiélago tiene su centro geográfico a 0° 32.22' S y 90° 31.26' O y la Reserva Marina de Galápagos tiene su centro geográfico a 0° 05' S y 96° 46' O (Snell *et al.*, 1996). La distancia máxima entre dos puntos en

el Archipiélago son los 431 km que separan la esquina noroeste de la isla Darwin de la esquina sudeste de la isla Española. Las coordenadas de referencia más externas van desde los 89° 14' hasta los 92° 00' de longitud Oeste y desde los 1° 40' de latitud Norte a los 1° 24' de latitud Sur, delimitando aproximadamente una superficie de 133255 km² de tierra y mar (considerando 40 millas del área de la Reserva Marina).

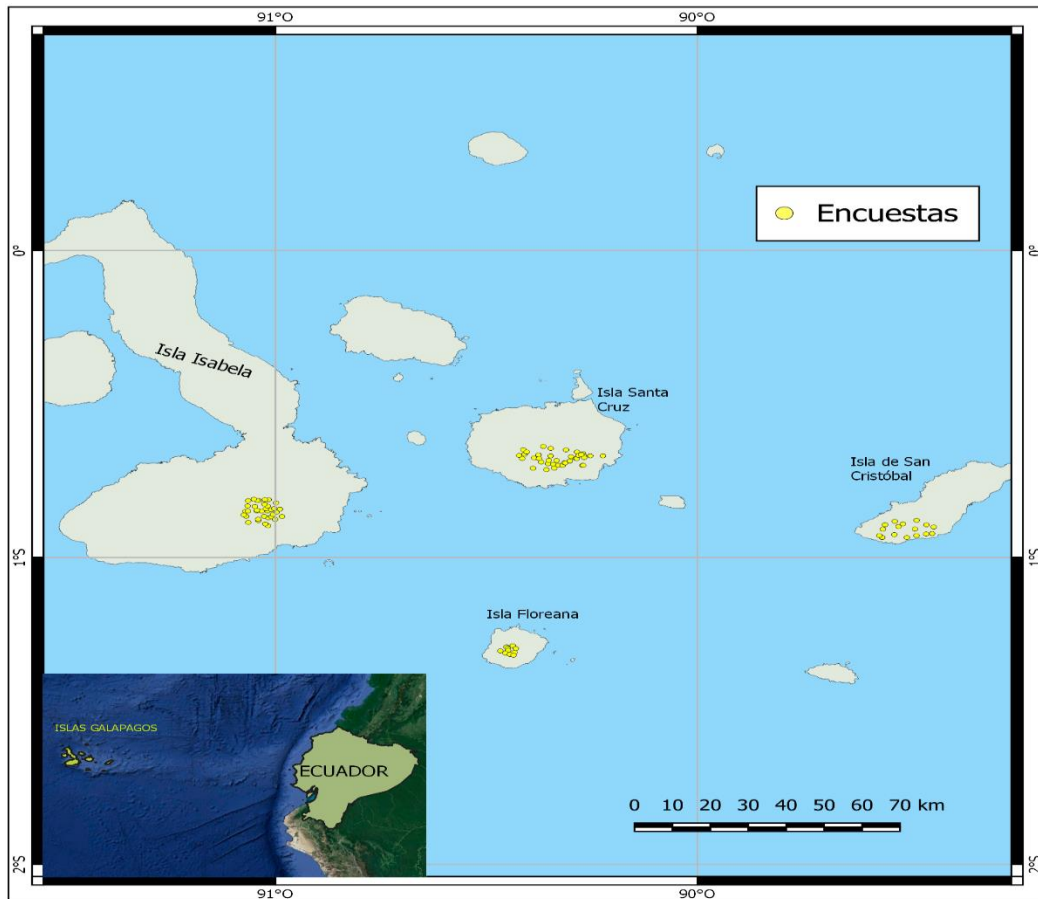


Figura 2.1. Ubicación de las islas Galápagos-Ecuador, 2019.

El Archipiélago se encuentra bastante aislado del continente americano, aunque éste aislamiento es sensiblemente inferior al de otros archipiélagos del Pacífico. Al Este, el punto central de la Reserva Marina dista 1380 km de Quito y 1240 km de Guayaquil, las ciudades más importantes del Ecuador continental. Al Norte, la masa de tierra más cercana es la isla de Cocos, que dista 750 km del punto central de la Reserva Marina. El Archipiélago de Galápagos incluye 234 unidades terrestres emergidas (islas, islotes y rocas) inventariadas por la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG), sobrepasando en 106 unidades a trabajos anteriores realizados por Snell *et al.* (1996) y Tye *et al.* (2002), citados por DPNG (2014), donde se registraron sólo 128.

El ciclo anual de temperaturas incluye una época caliente entre enero y abril que fluctúa entre los 26 °C y 28 °C, y una época fría durante el resto del año con temperaturas menores a los 24 °C, registrándose en ciertos sitios del Oeste temperaturas de 14 °C (CGREG, 2016). Durante los meses de garúa (junio a noviembre) la temperatura ambiental en las costas es de 21 °C de promedio, el viento es constante, así como el frío desde el Sur y Sureste. Las lloviznas o garúas se suceden todo el día acompañadas de densas neblinas que ocultan a las islas (CGREG, 2016). Un análisis de 30 años sobre el clima en Galápagos, mostró que la precipitación promedio anual fue de 620 mm, distribuidas entre los meses de enero a mayo (Metablou, 2019). Gracias a la existencia de elevaciones en las islas mayores, la humedad proveniente del océano choca contra ellas y se precipita (fenómeno conocido como lluvia horizontal). De esta forma, a mayor altitud, existe mayor humedad y, por lo tanto, mayor retención de agua en el suelo. Estas son condiciones propicias para

el desarrollo de la agricultura y la formación de acuíferos superficiales y subterráneos (CGREG, 2016).

Siete islas son suficientemente altas para albergar humedad: Fernandina, Isabela, Pinta, Floreana, Santa Cruz, San Cristóbal y Santiago, la zona alta de estas islas se caracterizan por altas precipitaciones y épocas de garúa fuerte. Estas condiciones originan que en las cuatro islas pobladas (Isabela, Santa Cruz, San Cristóbal y Floreana) el hombre pueda desarrollar actividades agroproductivas dentro de lo que se conoce como ecosistema húmedo (CGREG, 2016).

Dentro de este ecosistema se puede distinguir pisos altitudinales que favorecen el desarrollo de diferentes especies tradicionales (Allauca *et al.*, 2018): De 150 a 250 m, tropical (musáceas, café, hortalizas, frutales, piña, entre otras), de 251 a 400 m, templado (hortalizas, maíz, papa, pastos, entre otros), más de 401 m, frío (pastos, papa, cítricos en menor cantidad).

La zona agropecuaria en las diferentes islas puede llegar a diferentes altitudes: San Cristóbal hasta 730 m, tiene un relieve variable y la presencia de numerosas encañadas en las laderas expuestas al sur-este; Santa Cruz 864 m hacia los Gemelos, con una gradiente altitudinal que abre posibilidades a la diversificación de cultivos; esta isla posee la zona agrícola más grande y desarrollada de Galápagos; Isabela hasta 900 m en El Cura, cerca de la caldera del volcán Sierra Negra; y Floreana, situada dentro de un conjunto de volcanes de los cuales el más alto es el Cerro Pajas de 640 metros de altitud (CGREG, 2016).

Según el CGREG (2016), los suelos son muy superficiales, aunque en la zona húmeda pueden llegar hasta profundidades de tres metros. El pH varía de ligeramente ácido a neutro con proporciones moderadas de nitrógeno, siendo bajos en fósforo y potasio. La isla Floreana tiene los mejores suelos, seguida de San Cristóbal, mientras que en Santa Cruz los suelos no soportan un cultivo intensivo a largo plazo. Isabela es la isla con mayor zona húmeda de suelos más recientes, pero no ofrece posibilidades para prácticas agropecuarias de rendimiento económico. Pese a que los suelos no presentan las mejores condiciones para desarrollo agropecuario, gran parte de la cobertura vegetal original de las zonas húmedas de las islas habitadas ya ha sido reemplazada por pastos, cultivos permanentes o de ciclo corto, y frutales introducidos.

El cantón Santa Cruz es el principal polo de desarrollo económico del Archipiélago, concentra más del 62% de la Población Económicamente Activa (PEA) insular, dentro de la cual el 44% se dedica al turismo y comercio; mientras que el cantón San Cristóbal, capital político-administrativo de Galápagos, alberga a menos del 30% de la PEA, de la cual el 25% se dedica a la administración pública y defensa (CGREG, 2016). Las actividades agropecuarias productivas ocupan el sexto lugar entre los principales oficios de desarrollo económico dentro del Archipiélago.

Según datos del Censo de Población y Vivienda de Galápagos 2015 (INEC, 2015), la población de Galápagos era de 28000 habitantes, entre residentes temporales y permanentes, además de los 270000 turistas que visitan las islas anualmente (DPNG&OTG, 2018).

3.2. Métodos

3.2.1. Caracterización de los sistemas de producción de Galápagos

Se utilizó el Método Inductivo, el cual permitió, a partir de la información de primera mano, en base a muestras de los sistemas de producción de cacao, analizar las tendencias de los resultados y generalizar a la población. Para recolectar, sistematizar y analizar la información requerida por la presente investigación se utilizó la técnica de entrevistas, para lo cual se diseñó un cuestionario en formato estándar y se aplicó a cada uno de los miembros de la muestra seleccionada.

3.2.2. Muestreo

Con base en la revisión de los datos secundarios acerca de la producción agropecuaria de Galápagos se determinó el tamaño de la muestra, utilizando la variable continua "superficie de los sistemas de producción agropecuaria", basada en el Censo de Unidades de Producción Agropecuaria de

Galápagos (CGREG, 2014). La fórmula utilizada para estimar el tamaño de la muestra fue la siguiente (Sukhatme, 1953):

$$n = \frac{\frac{t^2(\alpha)}{\epsilon^2} x \frac{S^2}{\bar{x}_N^2}}{1 + \frac{1}{N} x \frac{t^2(\alpha)}{\epsilon^2} x \frac{S^2}{\bar{x}_N^2}}$$

en donde t es el valor tabular de "t" de Student al 95% (1.96), ϵ es el error permisible al 5% (0.05), s^2 es la varianza de la superficie de los sistemas de producción (37), \bar{x}_N es la media de la superficie de los sistemas de producción (14.09 ha), N es el número de los sistemas de producción localizados en Galápagos (755 UPAs), que se reportan en el Censo de Unidades de Producción Agropecuaria de Galápagos 2014, y n es el tamaño de la muestra calculado, que para el presente estudio equivale a 208 UPAs. Por lo tanto, se encuestaron a un total de 208 productores de las cuatro islas pobladas de Galápagos (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de la muestra. Número y porcentaje de productores de los sistemas de producción agropecuaria. Islas Galápagos-Ecuador, 2019.

| Islas | Productores | |
|------------------|-------------|---------------|
| | (No.) | (%) |
| Floreana | 12 | 5.77 |
| Isabela | 39 | 18.75 |
| San Cristóbal | 67 | 32.21 |
| Santa Cruz | 90 | 43.27 |
| Galápagos | 208 | 100.00 |

El instrumento para recolectar la información a nivel de productor fue diseñado y validado en campo, por los equipos de Economía Agrícola y del Centro de Bioconocimiento y Desarrollo Agrario (CBDA) Galápagos del INIAP, por medio de un proceso de retroalimentación. Esta actividad se llevó a cabo durante los meses de mayo y junio de 2018.

La validación del instrumento se realizó en las Islas San Cristóbal y Santa Cruz, con tres productores, respectivamente. Proceso durante el cual se pudo evidenciar las diferencias de entendimiento del encuestador y del encuestado en términos del significado de cada pregunta, por lo que después de la validación del instrumento en campo, se realizaron los ajustes necesarios, con la finalidad de facilitar su manejo y mejorar su comprensión tanto para encuestados como para encuestadores.

El cuestionario a nivel de productor estuvo compuesto de veinte y tres secciones y una sección de datos generales. Cada sección recoge información que involucra diferentes temas y ámbitos (Tabla 2).

Tabla 2. Contenido del modelo de encuesta utilizado para la recopilación de información de los sistemas de producción agropecuaria. Islas Galápagos-Ecuador, 2019.

| Sección | Contiene información sobre |
|-----------------|---|
| Datos Generales | Datos demográficos y ubicación geográfica de los sistemas de producción |
| Sección 1 | Información sociodemográfica del hogar a nivel individual |
| Sección 2 | Tenencia y uso de la tierra |
| Sección 3 | Producción, consumo y comercialización de la última cosecha |
| Sección 4 | Labores culturales por cultivo |
| Sección 5 | Mano de obra por actividad en agricultura y en ganadería |
| Sección 6 | Manejo de los recursos hídricos |
| Sección 7 | Uso y manejo de fertilización y abonos orgánicos |
| Sección 8 | Control de malezas |
| Sección 9 | Control de plagas y enfermedades |
| Sección 10 | Manejo de pasturas |
| Sección 11 | Producción bovina |
| Sección 12 | Alimentación animal, prácticas de alimentación suplementaria |
| Sección 13 | Manejo de bovinos |
| Sección 14 | Parámetros productivos y reproductivos |
| Sección 15 | Producción de otros animales de granja |
| Sección 16 | Producción, consumo y comercialización de lácteos y huevos |
| Sección 17 | Bienes de los hogares (patrimonio familiar) |
| Sección 18 | Posibles efectos del cambio climático en la agricultura y ganadería |
| Sección 19 | Conocimiento tradicional de la biodiversidad |
| Sección 20 | Acceso a créditos |
| Sección 21 | Limitantes y problemáticas de la agricultura |
| Sección 22 | Migración y remesas a nivel de hogar |
| Sección 23 | Asistencia técnica recibida a nivel de finca |

3.2.1. Tipificación de las estrategias de los medios de vida de los hogares

Para definir las estrategias de medios de vida que permitan obtener grupos homogéneos de hogares, de los sistemas de producción agropecuaria que se diferencien entre sí, se usó el método multivariado mediante el análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados. Para este análisis se usaron los datos primarios recogidos a través de la encuesta cara a cara a 208 productores en el periodo de julio a septiembre 2018, en las islas Floreana, Isabela, San Cristóbal y Santa Cruz. El método multivariado permitió agrupar a los hogares en grupos homogéneos tomando en cuenta variables relacionadas a características demográficas y de los sistemas de producción (Tabla 3). Esto es, lejos de definir grupos de productores usando criterios como la escala de producción, se tomaron en cuenta otros factores que podrían influir en su decisión de pertenecer a cierto grupo de vida. Esto implicó que los hogares de los sistemas de producción agropecuaria fueron tipificados dentro de un conjunto de características que se tradujeron en un medio de vida específico en lugar de etiquetar a los hogares por un factor específico (ejemplo: por área se lo puede definir como pequeño, mediano, grande; o por ingresos como rentable o no rentable), como se ha hecho comúnmente en el pasado.

3.2.1.1. Variables en estudio

La Tabla 3 muestra las estadísticas descriptivas de las variables consideradas para la definición de grupos de hogares de los sistemas de producción de Galápagos. Para definir los grupos de hogares se tomaron en consideración variables que tenían relación con los aspectos socioeconómicos, posesión y uso del suelo, productividad de la ganadería, uso de tecnología agrícola, manejo de pastos, disponibilidad de agua y uso de reservorios, crédito, migración, asistencia técnica y capacitación de los productores. Se usaron 21 variables para el análisis a nivel de Galápagos.

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en la tipificación de los hogares de los sistemas de producción agropecuaria. Islas Galápagos-Ecuador, 2019.

| Variables en estudio | \bar{x} | s |
|--|-----------|-------|
| V1= Altitud (msnm) | 305 | 124 |
| V2= Personas que conforman el hogar (No.) | 3.39 | 1.65 |
| V3= Experiencia como productor agropecuario (años) | 24.22 | 17.10 |
| V4= Edad del jefe de hogar (años) | 56.25 | 14.07 |
| V5= Escolaridad del jefe de hogar (años) | 9.07 | 5.14 |
| V6= Superficie total de la propiedad (ha) | 21.14 | 46.20 |
| V7= Superficie dedicada a la agricultura (ha) | 6.23 | 14.28 |
| V8= Superficie dedicada a la ganadería (ha) | 27.78 | 35.20 |
| V9= Hogares que disponen de agua de riego (%) | 75.96 | -- |
| V10= Hogares con suficiente agua de riego (%) | 5.29 | -- |
| V11= Hogares que disponen de reservorios de agua (%) | 83.17 | -- |
| V12= Porcentaje de uso de tecnología en agricultura (%) | 32.21 | 19.87 |
| V13= Hogares que manejan los pastos (%) | 37.02 | -- |
| V14= Vacas en producción de leche (No.) | 9.17 | 9.22 |
| V15= Bovinos machos (No.) | 9.10 | 11.45 |
| V16= Producción de leche (l animal ⁻¹ día ⁻¹) | 5.82 | 3.83 |
| V17= Producción total de leche (l día ⁻¹) | 62.65 | 86.45 |
| V18= Monto recibido como crédito (USD) | 16298 | 12600 |
| V19= Monto recibido por migración (USD año ⁻¹) | 5104 | 2682 |
| V20= Hogares que recibieron asistencia técnica (%) | 81.25 | -- |
| V21= Hogares que participaron en cursos de capacitación (%) | 68.75 | -- |

\bar{x} = Promedio y s = Desviación estándar.

3.2.1.2. Método cuantitativo de grupos

Para definir las estrategias de medios de vida se usó el método multivariado que se compone de dos tipos de análisis: a) análisis de componentes principales y b) análisis de conglomerados o grupos.

3.2.1.2.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP es una técnica estadística muy útil usada para encontrar patrones similares en datos de alta dimensión. Es decir, permite reducir un grupo grande de variables a un grupo más pequeño y ayuda, además, a crear índices con variables que miden cosas similares. Este análisis estandariza las variables seleccionadas bajo la forma de Z-scores, asignándoles media = 0 y desviación estándar = 1 (Romesburg, 1990). Este procedimiento permitió eliminar los efectos de escala y unidades de medición, de manera que cada variable tuvo un mismo peso estadístico al momento del análisis. La estandarización se realizó usando la siguiente expresión:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$$

en donde: Z_{ij} representó los valores individuales, x_{ij} un valor de la variable en análisis, y μ_j y σ_j la media y desviación estándar ($i = 1, \dots, 208$ hogares) de las variables ($j = 1, \dots, 21$).

3.2.1.2.2. Método de conglomerados

El método de conglomerados se basó en la teoría de que información con similares características estadísticas pueden agruparse y diferenciarse con aquellas que presenten otro tipo de tendencias (Aldenderfer y Blashfield, 1984). Para conducir el análisis de conglomerados se siguieron cuatro pasos: 1) selección de una medida de distancia, 2) selección de un algoritmo de conglomerados, 3) determinación del número de conglomerados, y 4) validación del análisis.

Paso 1: Selección de una medida de distancia

Una vez que las variables fueron convertidas en Z-scores a través del ACP, se establecieron 21 espacios dimensionales en donde cada eje representó las variables en análisis. La medida de distancia apropiada para este análisis fue la Distancia Euclidiana Ajustada (DEA) (Everitt, 1993). Los coeficientes de la DEA se calcularon entre cada par de hogares, eliminando el efecto (positivo o negativo) sobre la dirección del coeficiente de la distancia. La magnitud de cada uno de estos coeficientes midió como similares o no similares cada par en el espacio Euclidiano. Los hogares fueron más semejantes cuando presentaron coeficientes de Distancia Euclidiana bajos y menos semejantes cuando estos coeficientes fueron altos.

Paso 2: Selección de un algoritmo de conglomerados

El algoritmo de conglomerados seleccionado fue el método de Ward o método de mínima varianza ya que redujo al mínimo la varianza dentro de los grupos y agrupó los hogares o el grupo de hogares con el menor incremento en la suma de cuadrados del error a lo largo de cada etapa del proceso aglomerativo (Ward, 1963).

Paso 3: Determinación del número de conglomerados

El algoritmo de Ward comenzó localizando cada hogar como grupo individual, continuó con una serie de combinaciones sucesivas entre los hogares o los grupos de hogares que fueron más similares; finalmente, el algoritmo terminó de realizar combinaciones cuando los hogares se agruparon en conglomerados o grupos únicos basado en la DEA. La suma de cuadrados del error fue calculada de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\sum e^2 = \sum_{i=1}^I (Z_{ij} - \mu_j)^2$$

donde: μ_j representó la media de cada grupo a través de la j -ésima variable, e I fue el número de hogares en cada grupo. Cuando los grupos fueron formados por un solo hogar o varios hogares con valores idénticos para todos los Z_{ij} , la suma de cuadrados de error del grupo fue igual a cero, que es el valor más deseable para la formación homogénea de grupos (Ward, 1963).

Paso 4: Validación del análisis

Finalmente, para realizar la validación del análisis se usó un Análisis de Varianza Univariada (ADEVA), con el modelo matemático del Diseño Completamente al Azar (DCA), para cada una de las variables que se seleccionaron para definir los modelos de hogares, utilizando los grupos de hogares como tratamientos. Con estos análisis, se determinaron, a través de una prueba de *F estadística*, si existían o no diferencias estadísticas al nivel de probabilidad $P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$, entre las medias

aritméticas de los tipos de hogares establecidos. El modelo utilizado para el análisis fue el Modelo Lineal General Completamente al Azar (Steele y Torrie, 1960), tal como se muestra a continuación:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Observación del grupo i en el hogar j

μ = Media general

T_i = Efecto del grupo i

ε_{ij} = Error residual del grupo i y hogar j

La hipótesis nula H_0 : Grupo 1 = Grupo 2 = Grupo 3, significa que los valores promedios de los grupos son iguales, lo cual indicaría que los grupos de hogares fueron homogéneos; en cambio, la hipótesis alternativa H_A : Grupo 1 \neq Grupo 2 \neq Grupo 3, significa que existen diferencias entre los valores promedios de los grupos, lo cual indicaría que los grupos evaluados tuvieron diferente respuesta en las variables consideradas para el análisis.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. De la caracterización de los hogares de los sistemas de producción agropecuaria

4.1.1. Características generales

Las islas en estudio fueron Floreana, Isabela, San Cristóbal y Santa Cruz, que en conjunto involucran al menos 19000 ha destinadas a actividades agropecuarias, desde donde se desarrollaron los sistemas productivos agrícolas y pecuarios (CGREG, 2016). Las áreas de los sistemas de producción agropecuaria se encontraban localizadas en niveles altitudinales que variaban desde los 15 a los 700 metros sobre el nivel del mar, con una topografía accidentada y de escasos terrenos planos. De acuerdo a la zonificación agroecológica reportada por el CGREG (2012), la mayoría de los suelos eran muy superficiales, aunque en la zona húmeda podían llegar hasta profundidades de tres metros. El pH variaba de ligeramente ácido a neutro con proporciones moderadas de nitrógeno, bajos en fósforo y potasio.

Un análisis de 30 años sobre el clima en Galápagos, mostró que la precipitación promedio anual fue de 620 mm, distribuida entre los meses de enero a mayo, mientras que los regímenes de temperaturas eran altamente dependientes del nivel altitudinal, pero que en promedio fueron de 25 °C, donde las máximas fueron de 28 °C y las mínimas de 22 °C. Estas características climáticas de las islas crean condiciones favorables para el crecimiento de un gran número de especies tradicionales, aún con las limitaciones hídricas propias de este Archipiélago.

4.1.2. Subsistema socio-económico

Los sistemas de producción de las islas se caracterizaron por ser de propiedad y usufructo familiar en el 87.98% de los casos, lo que determinó que los productores agropecuarios, en su mayoría, podían hacer uso de recursos durante el tiempo que deseaban y bajo las circunstancias que estimaran, con el propósito de producir alimentos que garanticen la seguridad alimentaria de las islas. Estos sistemas contaban con extensiones que promediaban las 21.15 ha, lo que constituía una superficie adecuada para su dinamización e intensificación, sin que esto implicara, necesariamente, un mayor uso de insumos, si se quería que lleguen a constituirse en una significativa fuente de empleo y de remuneración al menos para las familias que dependían de esos sistemas de producción. Dentro de los sistemas de producción no todos los terrenos estaban siendo aprovechados; de las 4397.46 ha reportadas por los productores, 25.92% estaban dedicadas para agricultura, 59.38% para pastos, 5.48% para árboles nativos y 9.22% en descanso. Es importante resaltar que según el CGREG (2016), la superficie de suelo ocupada por los pastos era del 58% del

total de superficie de los sistemas de producción, es decir que la superficie para pastos se ha incrementado.

La producción de cultivos ascendió a 5359 toneladas, destinadas para la venta el 84.81% (4545 toneladas), cifra importante que sirve de base para medir la evolución de la producción bruta del sector agrícola y determinar la capacidad productiva de los sistemas de producción agropecuaria de Galápagos, en contribución hacia la sostenibilidad alimentaria de su población. En cuanto al ganado bovino, los sistemas de producción reportaron 2809 cabezas de ganado vacuno, de las cuales el 42.31% se destinó para producción de carne y doble propósito, y el 15.38% para producción de leche. El ganado vacuno estaba distribuido en 78 sistemas de producción en estudio, de los cuales el 64% pertenecían a Santa Cruz. Las principales razas para la producción de leche fueron Brown Swiss (29.79%), Holstein Friessian (21.27%) y Mestiza (19.15%).

Aproximadamente, el 56.73% de los productores en Galápagos nacieron fuera de las islas. La inmigración provino principalmente de seis provincias: Loja, Tungurahua, Guayas, Cotopaxi, El Oro y Manabí. En términos generales se identificó que el núcleo familiar de los hogares de los productores tenía un tamaño promedio de 3.39 personas, donde cada uno de ellos aportó para el mejoramiento y mantenimiento de los sistemas de producción. Es importante especificar que la mayoría de estas personas poseían residencia permanente y habitaban en las islas de manera continua. El 17.79% de las personas de los hogares dejaban las islas por diferentes motivaciones, principalmente por motivos laborales, de estudio, familiar o de salud. El promedio de edad de las y los productores jefes de hogar de los sistemas de producción fue de 56 años, quienes reportaron 9 años de estudios o educación. La edad de los productores jefes de hogar y los años de estudio podrían ser factores relevantes en la adopción de nuevas prácticas agrícolas en la producción agropecuaria, ya que el tiempo de espera entre la inversión y los retornos económicos del uso de nuevas tecnologías será de mediano y largo plazo. Estudios como el de Pannell *et al.* (2006), presentan mayor éxito en la adopción de nuevas tecnologías mientras más altos son los niveles de educación del productor.

Importante observar que el 41.38% de los productores obtuvieron acceso al crédito y que los principales proveedores fueron Ban Ecuador y las Cooperativas de Ahorro y Crédito; hubieron, además, otros tipos de prestamistas como Banco Privado, Caja Comunal, Familiares y Programa de Crédito. En la isla Santa Cruz, Ban Ecuador fue el prestamista con mayor porcentaje, en cambio en las otras tres islas, la Cooperativa de Ahorro y Crédito fue la de mayor porcentaje. El monto en dólares que recibieron como crédito los productores, en promedio fue de USD 16298, monto que utilizaron principalmente en inversiones en los sistemas de producción, vivienda, agricultura y compra de vehículos.

En términos generales, se hizo evidente la falta de capacitación que tenían los miembros de las familias (apenas el 3.85% siempre recibieron capacitación), a pesar de que en algunos casos ellos estaban interesados por participar en diferentes eventos que organizaban las instituciones que daban asistencia técnica y capacitación en las islas. Las mujeres de estos sistemas han ido tomando un rol más preponderante en el manejo y la toma de decisiones sobre qué producir, cuándo producir y cómo producir, ya no eran un simple ente que miraba desde afuera todo lo que decidía y hacía el jefe del hogar; de hecho, los productores hombres han dado criterios sobre los espacios que ha sido ganado por la mujer en base a su esfuerzo y capacidad de trabajo dentro de los sistemas de producción. En efecto, el 32.94% de ellas se han encargado de las ventas de los productos agropecuarios y el 29.81% tomaron decisiones en qué utilizar el dinero de estas ventas. Fue interesante observar que el 58.65% de los productores participaron en días de campo relacionados con los temas agrícolas y pecuarios, y que el 81.25% de los productores recibieron asistencia técnica en el manejo de sus sistemas de producción agropecuaria.

En concordancia con el débil tejido social que caracteriza los sectores productivos del país, los productores de las islas no se hallaban involucrados en grupos y organizaciones locales que

promuevan diferentes apoyos para mejorar la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción, que consecuentemente contribuyan a la mejora de su calidad de vida. Es necesario reconocer el potencial del cultivo de café que más allá del aporte a la rentabilidad de los hogares caficultores ha promovido en su entorno a COPGALACAF, asociación que recoge miembros de las cuatro islas, cuyo fortalecimiento económico contribuye también al fortalecimiento social de la “identidad Galapagueña”. Otras organizaciones de productores limitadas a pequeños grupos sobreviven al interior de algunas islas motivadas por proyectos temporales; se encuentra en proceso de legalización la primera Junta Administradora de Agua y Riego (JAAR) en San Cristóbal; no se registró la presencia de comités. El Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, fue la institución que más promovía relaciones de asociación, seguida del MAG, ABG, INIAP, entre otras. Estas relaciones han generado que el servicio de capacitación, asistencia técnica (81.25%) y difusión de prácticas agropecuarias (58.65% días de campo), vayan consolidando su apoyo a los productores de las islas.

Los productores y sus familias demostraron ser capaces de adoptar las diferentes opciones y/o tecnologías que se propongan para manejar de mejor manera sus sistemas de producción, comenzando por algunos cultivos de su alto grado de interés como los pastos, lo cual augura un futuro prominente para que el manejo de los sistemas de producción en forma integral tengan una visión futurista bastante aceptable; lo que habría es que motivar al resto de productores y sus familias para que apliquen el conocimiento. Importante reconocer que el MAG y el INIAP, entre otros, han adquirido un rol preponderante en el desarrollo de los sistemas de producción. Los productores de las cuatro islas sienten la falta de políticas de apoyo a este sector en temas de dotación de riego, acceso a crédito, control de precios de los insumos, y competencia en precios y volumen con productos alimenticios que ingresan desde Ecuador continental.

4.1.3. Subsistema agropecuario

Los sistemas de producción de las islas son mixtos y están integrados por varios cultivos anuales, perennes y pastos que sirven para la producción animal. Se registraron alrededor de 31 cultivos considerados como principales en las islas, entre los que sobresalieron café, frutales, fréjol, hortalizas, plátano, yuca, maíz en choclo y guineo; y por un componente ganadero formado por ganado vacuno de carne, lechero y de doble propósito alimentado al pastoreo, al que se sumaban algunas especies como porcinos, cunícolas, avícolas, equinos, mulas y asnos. Un aspecto importante de los sistemas de producción fue la interacción entre los componentes agrícola y pecuario, la que, probablemente, no está suficientemente entendida ni adecuadamente utilizada como para constituir un importante elemento del manejo de la sanidad vegetal, de la fertilidad y la conservación de los recursos naturales. En este sentido, parecería altamente probable que los sistemas de producción pudieran ser mejorados a partir de prácticas elementales como rotación de cultivos, incremento de la agrobiodiversidad conservada a nivel de los sistemas de producción, selección positiva de semillas, incorporación de leguminosas y árboles, reciclaje de nutrientes, que promuevan el fortalecimiento de sistemas agropecuarios resilientes.

Debido a la poca o ninguna tecnología utilizada en los cultivos de importancia económica y alimentaria, referidos entre otros, a la utilización de semillas no mejoradas, las cuales generalmente proceden de las cosechas obtenidas en los mismos sistemas de producción, mala aplicación de fertilizantes, no uso de manejo integrado de plagas y mal manejo de las prácticas agrícolas, los rendimientos de todos los cultivos, son bajos, notoriamente inferiores al potencial agroecológico de las islas y a los rendimientos promedios de los cultivos de otras regiones del país. Esta situación se vio agravada debido a que la disponibilidad de agua de riego fue escasa, en algunos casos inexistente en las islas, por lo que la agricultura y la ganadería fueron fuertemente dependientes de la precipitación pluvial, lo que limita el número de ciclos de cultivo en el año.

Es fundamental tener presente que si bien el 75.96% de los productores reportaron tener agua para riego (158 sistemas de producción), la mayoría de los productores (93.04%) indicaron que el agua

era insuficiente. Hay que señalar que existieron islas, como el caso de San Cristóbal, donde se contaba con encañadas que eran corrientes de agua con un caudal que, aunque no abundante como el de los ríos, se habían convertido en la fuente de agua de los sistemas de riego. En islas como Isabela, Santa Cruz y Floreana, los sistemas de producción aprovechaban el agua lluvia o recibían el agua de tanqueros para dar funcionamiento a sus sistemas de riego. Respecto de tecnologías de riego, cuatro fueron los métodos que incorporaron los productores: el principal fue el de riego con baldes (27.40%), seguido del método de gravedad (14.42%), que a partir de que el agua desemboca en una zona alta ésta fluía por caída natural; otro método utilizado fue el de goteo (12.98%) que favorece el aprovechamiento del agua directamente a las raíces de las plantas. Finalmente, utilizaron el método de aspersión (4.33%), que consistió en proveer el agua a los cultivos a manera de lluvia localizada. La procedencia del agua utilizada para alimentar los sistemas de riego varió de isla a isla de acuerdo a la disponibilidad del recurso. La gran mayoría de los sistemas de producción agropecuaria realizaron sus actividades productivas sin contar con una infraestructura de riego; solamente la disponían el 8.65% que representaban 18 sistemas de producción.

Es importante señalar que en Galápagos las precipitaciones se distribuyen en los primeros meses del año y son escasas o nulas en los meses de junio a noviembre, lo que da lugar a ejecutar acciones para cosecha de agua, a través de la implementación de pequeños reservorios, y la habilitación de los ya existentes (83.17%) para favorecer ésta cosecha. La implementación de los micro reservorios seguro fue beneficiosa en las épocas secas para la producción de cultivos alternativos y pastos.

En cuanto a los pastos, base fundamental para la producción animal bovina, los sistemas de producción disponían de pastos naturales de baja productividad en un 75% y por pastos mejorados en un 25%, con buen potencial de producción, pero deficiente manejo que reduce su persistencia y su duración en años. Fue posible observar el potencial de adaptación de varias especies y variedades mejoradas de alta productividad y persistencia, tanto de gramíneas como de leguminosas, especies que ya se encuentran favorablemente introducidas a los sistemas de producción, como pasto Elefante, Miel, *Brachiaria*, Saboya, King Grass, entre otras.

El intervalo o frecuencia de uso de la pastura (número de días que transcurren entre un pastoreo y el siguiente) reportado fue de 60 días o más; para las especies como *Brachiaria*, Miel y Elefante, la recomendación técnica está entre 35 y 40 días (Grijalva *et al.*, 2011); los resultados sugerirían que el manejo del pastoreo no está siendo el más adecuado e incide significativamente sobre el consumo y utilización del pasto y consecuentemente sobre la hierba acumulada. Así, a menor "frecuencia o intervalo de pastoreo", disminuye el tiempo requerido para que el potrero acumule hierba, y a mayor "frecuencia o intervalo de pastoreo", incrementa el tiempo de acumulación de hierba que podría contribuir en la disminución de la digestibilidad y aumento de la fibra cruda del pasto.

La frecuencia de pastoreo tiene relación directa con la intensidad de pastoreo (número de animales ha^{-1} unidad de tiempo⁻¹), el valor promedio reportado para los sistemas de producción de 14.58 días, indicaría que el manejo no fue intensivo en términos de días, y que los valores encontrados están permitiendo un aumento de la velocidad de defoliación del pasto, provocando una disminución en la capacidad de rebrote y acumulación de hierba en el potrero. La división de potreros no se reporta como una actividad prioritaria.

La dispersión de heces que es una actividad que permite eliminar los parásitos que se acumulan en las heces, así como evitar la futura muerte de los pastos por las heces ocupadas en el potrero que no son esparcidas, en promedio fue de 2.27 meses, mismo que es inadecuado si se considera que esta actividad debe realizarse luego de cada pastoreo.

Fue interesante observar que de los productores que manejaron los pastos (37.02%), solamente el 13.89% utilizaron fertilizantes para la nutrición de los pastos y lo hicieron principalmente con 18-46-00, Compost y Urea, en dosis que no eran las correctas. Esto quiere decir que los pastos no

disponen de los nutrientes necesarios para conseguir rendimientos que promuevan positivamente la ganadería de leche, carne y doble propósito en las islas.

En términos generales se puede mencionar que los parámetros productivos y reproductivos de los animales bovinos reportados por los productores de los sistemas de producción agropecuaria no fueron de los mejores, pero son susceptibles de ser mejorados. Parámetros como la producción de leche promedio por animal de 5.82 ± 3.83 l día⁻¹, duración de la lactancia en meses de 5.96 ± 0.92 , y edad al primer parto en meses de 29.72 ± 3.08 , entre otros, son factibles de mejorarlos con alternativas tecnológicas adecuadas y amigables a los sistemas de producción de las islas.

Respecto a la implementación de calendarios sanitarios y manejo de registros productivos y reproductivos, son pocas las ganaderías que los han implementado, llegando a ser determinantes para establecer programas de mejora genética, engorde, reposición, entre otros.

Además de los problemas productivos y reproductivos que se reportaron en el subsistema agropecuario, la agricultura y la ganadería en las islas se ven afectadas por el limitado desarrollo y equidad de los sistemas de comercialización que se traducen en que los productores no pueden colocar eficiente y favorablemente en los mercados cualquier aumento en la producción. Cinco fueron los lugares en donde se realizaron las ventas de los productos cosechados: feria, mercado de abastos, en la propia finca, restaurantes y tienda de víveres, siendo los de mayor frecuencia de venta: el mercado de abastos (41.96%) y la feria (24.92%), es decir que pocos fueron los productores que vendieron directamente sus productos a los consumidores finales. Esta situación se vio agravada por el deficiente manejo post-cosecha de productos perecibles y la ausencia de transformación de productos primarios para agregarles valor; a excepción de la transformación de la leche a quesos y el café a café pepa de oro, procesos que se realizan sin uso de tecnología e infraestructura adecuadas. De esta situación limitante de comercialización, los únicos beneficiarios fueron los comerciantes intermediarios. También fue notorio que, en las islas, no existen industrias agropecuarias que den valor agregado a los productos agropecuarios. Es necesario entonces, que los productores planifiquen la producción y no caigan en el esquema de la sobreoferta; para lo cual, se requiere implementar un programa que impulse la transformación de la producción primaria a escala insular y además contar con un buen sistema de información de la producción, precios, oferta y escasez, principalmente a nivel local.

La elaboración de quesos es lo más importante, los productores y sus familias los producen con conocimientos técnicos básicos y de manera artesanal, pero mantienen su aceptación en las zonas urbanas de las islas. Sería importante, entonces, el impulsar, así como en otras regiones, la creación de un centro de acopio comunitario a donde los productores entreguen sus producciones diarias y en este centro se tendría una industria de transformación de la leche a quesos, yogur, mantequilla, y demás derivados lácteos; así como de más productos agrícolas.

4.1.4. Subsistema ambiental

Al interior de los sistemas de producción de las islas se ha dado lugar un acelerado proceso de deterioro de los recursos naturales, especialmente de los recursos hídricos y suelo, causados por los procesos intensivos del uso de la tierra, inadecuadas prácticas agrícolas y ganaderas, procesos de deforestación, a los cuales se van sumando condiciones climáticas adversas con efectos cada vez más notorios, en la pérdida de la diversidad biológica, menos presencia de especies nativas o endémicas, entre otras. La disminución de la vegetación nativa causada por el aumento de la frontera agrícola y por las actividades ganaderas, es evidente en las zonas de intervención humana. Existen zonas agropecuarias que debido al desuso que experimentan en la actualidad, son áreas de proliferación de mora, guayaba y supirrosa lo que deteriora la imagen de la agricultura en las islas. Pocos son los remanentes de vegetación nativa donde se pueden efectuar diagnósticos más específicos sobre la biodiversidad, y evaluar el estado actual de la flora y fauna, a partir de las comunidades biológicas iniciales. Se puede señalar en forma preliminar que algunas de las especies endémicas existentes en las islas poseen diferentes niveles de amenaza.

De los datos obtenidos de los productores y sus familias en el presente estudio, se desprende el interés que existe para emprender acciones que favorezcan la conservación de la biodiversidad, la recuperación de los remanentes de vegetación, la protección de las fuentes de agua, tanto para los sistemas de producción, como para la preservación de la biodiversidad de las islas. Se pudo observar a través del estudio que los productores hicieron uso de varias especies de plantas y árboles en beneficio de los sistemas de producción y de las personas del hogar; por ejemplo, el 68.27% utilizó plantas medicinales, 43.27% árboles maderables introducidos, 22.12% árboles maderables nativos y un 4.81% plantas nativas.

Fue preocupante conocer que las zonas de recarga hídrica no estaban delimitadas ni bajo protección de ninguna índole, caso peor registrar el desconocimiento de los jefes de hogar sobre la existencia de las zonas de importancia hídrica, a tal punto que solamente el 5.70% de ellos conocían sobre el sitio de captación del agua. Las zonas de recarga hídrica son trans zonales, es decir se ubican en todo el rango altitudinal desde el más alto y húmedo hasta la costa, abarcan tanto zonas protegidas como privadas en las zonas agrícolas.

Los recursos hídricos fueron reportados como vertederos directos de aguas negras sin previo tratamiento de purificación, sobre todo de los centros poblados donde basuras y materiales son depositados en las encañadas; y en la eliminación de desechos de los sistemas de producción. En relación a las aguas negras, según los productores éstas fueron vertidas en el campo, encañada, pozo ciego y pozo de infiltración, este último fue el lugar en donde la mayoría de los productores (73.08%) vertían las aguas negras. De la misma manera las aguas grises fueron vertidas en los mismos sitios de las aguas negras, siendo el campo (53.85%) y el pozo de infiltración (39.90%), los lugares de mayor uso para verterlas.

El alto flujo erosivo de las islas ha originado el arrastre y sedimentación en las encañadas generando turbidez del agua; en épocas de lluvias, el arrastre de materiales (maderas, basura, tierra), ocasiona taponamientos en los centros poblados, en su salida hacia el océano. Por otro lado, los residuos de los agroquímicos utilizados en la producción agrícola, llegan a las fuentes hídricas subterráneas por infiltración, principalmente en islas como Santa Cruz, menos en Isabela. El problema de la contaminación del agua (recurso escaso en las islas) podría estar contribuyendo en el deterioro de la calidad de vida de los productores y sus familias, procesos productivos y la salud de la población rural y urbana, que se alimenta de la producción local, principalmente de vegetales frescos.

En el caso de la percepción de los productores sobre los efectos del cambio climático en los sistemas de producción, el 90.39% señalaron que percibieron cambios en el clima en los últimos 10 años, los más relevantes fueron la presencia de sequía e incremento y disminución de la temperatura. El 48.93% de los productores manifestaron que realizaron cambios en las formas de cultivar o efectuar actividades pecuarias, entre las que sobresalieron la cosecha de agua a través de los micro reservorios, la no realización de quemados de residuos de cosecha, cuidado de las fuentes de agua, y siembras tempranas o retrasadas, según como se presenta el año.

4.2. De las estrategias de vida que diferencian a los hogares de los sistemas de producción agropecuaria

Tres grupos de hogares de los sistemas de producción agropecuaria a nivel de Galápagos fueron establecidos para determinar sus estrategias de medios de vida y su bienestar. Los hogares de producción agropecuaria tenían diferentes superficies totales y superficies dedicadas a la agricultura y la ganadería, donde la mayor superficie dedicada a la ganadería era también destinada a la producción de leche y carne. Los sistemas de producción reportaron diferentes promedios de producción por unidad de superficie, así como también en términos de rendimientos en $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ y en $\text{l animal}^{-1} \text{día}^{-1}$. Los tres grupos de hogares fueron los siguientes: grupo 1: hogares con intermedia superficie dedicada a la agricultura y ganadería, con baja tecnología en agricultura, y menor asistencia técnica y capacitación; grupo 2: hogares con menor superficie dedicada a la agricultura y ganadería, con mediana tecnología en agricultura, y mayor asistencia técnica y

capacitación; y grupo 3: hogares con mayor superficie dedicada a la agricultura y ganadería, con baja tecnología en agricultura, e intermedia asistencia técnica y capacitación; estos grupos representaron el 18.75%, 23.56% y 57.69% de la población total de los productores de los sistemas de producción agropecuaria que ascendía a 755, según los datos reportados por el CGREG (2014), respectivamente.

El método multivariado de conglomerados o grupos utilizado permitió separar correctamente los grupos de hogares y por lo tanto caracterizar adecuadamente las estrategias de los medios de vida de los hogares de los sistemas de producción agropecuaria de Galápagos. Las 21 variables utilizadas para separar los grupos fueron las más idóneas ya que representaron el 67.64% de la varianza multivariada para encontrar los tres grupos de hogares. El conjunto de datos exhibió varias fortalezas; por ejemplo, las relaciones de superficie, intensificación de la agricultura y ganadería, y tecnología de cultivos, que se evidenciaron en la definición de los grupos, porque mostraron diferencias estadísticas significativas entre grupos.

Es indudable que las variables relacionadas con la superficie, producción agrícola y pecuaria, tecnología de cultivos, asistencia técnica, capacitación, disponibilidad de agua e infraestructura del riego eran las que tenían la mayor influencia en la definición de los grupos, pero sobre todo con tecnología utilizada en la agricultura y la ganadería, ya que dentro de cada grupo los productores se encargaban de aplicar tal o cual tecnología o también de no utilizar ninguna tecnología en el manejo de los sistemas de producción agropecuaria, que influenciaron el rendimiento en los cultivos y en la producción de carne o leche del ganado bovino.

Es importante señalar que la definición de los grupos de hogares con sus estrategias de sustento o medios de vida diferenciados, serán la base para realizar la optimización económica de los mecanismos que pueden generar mejores beneficios socio-económicos y ambientales en los sistemas de producción agropecuaria de Galápagos.

5. LITERATURA CITADA

- Aldenderfer, M. y Blashfield, R. 1984. *Cluster Analysis; Series: Quantitative Applications in the Social Science*. Beverly Hills: SAGE University Paper.
- Allauca, J.; Valverde, M.; Tapia, C. 2018. *Conocimiento, manejo y uso de la agrobiodiversidad en la isla San Cristóbal*. INIAP. Boletín Técnico 173. INDIGO 480 Publicaciones. Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos-Ecuador. 76 p.
- CGREG. 2016. *Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos-Plan Galápagos 2015-2020*. Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos-Ecuador. pp. 80–105.
- CGREG. 2014. *Censo de Unidades de Producción Agropecuaria de Galápagos*. Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos-Ecuador. 138 pp.
- CGREG. 2012. *Encuesta de condiciones de vida Galápagos 2009-2010*. Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos-Ecuador. 333 pp.
- DPNG&OTG. 2016. *Informe anual de visitantes a las áreas protegidas de Galápagos 2016*. Dirección del Parque Nacional Galápagos & Observatorio de Turismo de Galápagos. Galápagos-Ecuador.
- DPNG&OTG. 2018. *Informe anual de visitantes a las áreas protegidas de Galápagos 2018*. Dirección del Parque Nacional Galápagos & Observatorio de Turismo de Galápagos. Galápagos-Ecuador.
- DPNG. 2014. *Plan de Manejo de las Áreas Protegidas de Galápagos para el Buen Vivir*. Dirección del Parque Nacional Galápagos. Puerto Ayora, Galápagos-Ecuador.
- Everitt, B. 1993. *Cluster Analysis*. New York: Edward Arnold A Division of Hodder & Stoughton, Third Edition.

- González, J.; Montes, C.; Rodríguez, J.; Tapia, W. 2008. *Rethinking the Galapagos Islands as a complex social-ecological system: implications for conservation and management*. Ecology and Society 13(2): 13, (online) URL <https://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art13/>. Consultado el 2019-02-10.
- Grijalva, J.; Ramos, R. y Vera, A. 2011. *Pasturas para sistemas silvopastoriles: Alternativas para el desarrollo sostenible de la ganadería en la Amazonía Baja del Ecuador*. Boletín Técnico No. 156. Programa Nacional de Forestería del INIAP. Impresión. NINA Comunicaciones, Quito, Ecuador. 24 p.
- INEC. 2015. *Censo de Población y Vivienda de Galápagos 2015*. Disponible en línea en: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/galapagos-tiene-25-244-habitantes-segun-censo-2015/>
- Meteoblue. 2019. *Clima islas Galápagos*. https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/modelclimate/islas-gal%C3%A1pagos_ecuador_3658931. Consultado 18-02-2019.
- Romesburg, C. 1990. *Cluster Analysis for Researchers*. Malabar: Robert E Kieger Publishing Company.
- Snell, H.; Stone, P.; Snell, L. 1996. *A Summary of geographic characteristics of the Galápagos Islands*. Journal of Biogeography 23(5):619–624 DOI 10.1111/j.1365-2699.1996.tb00022.x
- Steel, R. y Torrie, J. 1960. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw.
- Sukhatme, P. 1953. *Teoría de encuestas por muestreo con aplicaciones*. Traducido al español por Flores A. y Nilto J. p. 43.
- Tapia, W.; Ospina, P.; Quiroga, D.; González, D.; Montes, C. 2009. *Ciencias para la Sostenibilidad en Galápagos. El papel de la investigación científica y tecnológica en el pasado, presente y futuro del archipiélago*. Parque Nacional Galápagos. Universidad Andina Simón Bolívar, Universidad Autónoma de Madrid y Universidad San Francisco de Quito.
- Tye, A.; Soria, M. y Gardener, M. 2002. *A Strategy for Galápagos Weeds*. Publisher: In: IUCN, Editors: CR Veitch, MN Clout, pp.336-341.
- Viteri, C. y Vergara, L. (Eds.). 2017. *Ensayos Económicos del Sector Agrícola de Galápagos*. Conservación Internacional Ecuador y Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Santa Cruz, Galápagos, Ecuador. 106 pp.
- Ward, H. 1963. *Hierarchical Grouping to Optimize and Objective Function*. Journal of the American Statistical Association 58, 301, 236-244.

Optimización económica de los sistemas de producción de mora del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, para mejorar su productividad y sostenibilidad

1. ANTECEDENTES

La mora de castilla *Rubus glaucus*, perteneciente a la familia *Rosaceae*, es originaria de las zonas altas tropicales de América, principalmente de Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador. El género *Rubus* es uno de los de mayor número de especies en el reino vegetal, comprende unas 300 especies que se encuentran diseminadas en casi todos el mundo, excepto en las zonas desérticas (Roveda *et al.*, 2008).

En Ecuador, las estadísticas alrededor del cultivo de la mora no están actualizadas, solo se cuenta con las estadísticas del Tercer Censo Nacional Agropecuario del año 2001 y la información de estudios puntuales y de proyecciones realizadas por instituciones públicas y privadas. Proyecciones del INEC (2013) indican que la superficie ocupada por el cultivo de mora es de 5247 ha y el rendimiento promedio de 2.59 t ha⁻¹. Estas cifras distan mucho, sobre todo en el rendimiento, de los datos obtenidos en el este estudio de Barrera *et al* (2017), en donde se muestran las estadísticas proporcionadas por los funcionarios del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), que trabajan en campo de productores de mora a nivel de Ecuador, mismas que indican que al año 2015, los productores involucrados en mora ascendían a 5294, la superficie dedicada a mora alcanzaba a 5048 ha, con una producción por año de 34209 t, alcanzando un rendimiento de 6.80 t ha⁻¹ (Barrera *et al.*, 2017). Los valores de producción reportados para este cultivo muestran que la oferta a nivel nacional de mora no alcanzaría a cubrir la demanda de mora del país, 40880 t año⁻¹, donde el consumo por familia es de 14.6 kg año⁻¹ (Barrera *et al.*, 2017).

Los escasos estudios acerca del cultivo de mora en Ecuador y los trabajos conducidos por Barrera *et al.* (2017) y Herforth *et al.* (2015), concluyen que la producción y comercialización de la mora es una estrategia de supervivencia de los productores que en su mayoría pueden ser categorizados como agricultores de pequeña escala, quienes usan prácticas de producción tradicional y están comprometidos en el proceso de post-cosecha rudimentario; más allá de los sistemas de producción, los productores tienen acceso limitado para realizar comercialización, puesto que los intermediarios dominan la cadena de comercialización, la calidad no es compensada en los mercados desorganizados y muchos de los productores no están capacitados para potencializar su producción e incrementar el valor agregado, que en la actualidad está limitado por las instituciones que no han desarrollado normativas INEN.

Según Barrera *et al.* (2017), en la provincia de Cotopaxi, los productores de mora ascienden a 900, la superficie dedicada a mora alcanza a 1082 ha, con una producción por año de 6817 t, alcanzando un rendimiento de 6.30 t ha⁻¹. Específicamente, en el cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi, el 80% de la producción de mora es acopiado por los intermediarios transportistas, el 15% de la producción se destina a la industria y el 5% de la producción se comercializa en los mercados locales de Sarahuasi, Galápagos, Guarumal, La Esperanza y la Maná.

En los sistemas de producción de mora del cantón Sigchos se realiza un manejo agronómico inapropiado respecto a los recursos agua, suelos, fertilización y control de plagas y enfermedades, lo que está generando pérdidas por la calidad y los volúmenes de producción; a esto se añade una comercialización inadecuada donde los márgenes de ganancia son limitados. Los agricultores de mora de castilla en el cantón Sigchos, indican que el problema de plagas está en primera fila, mientras que el 54% de los productores consideran un problema la falta de conocimiento en el manejo del cultivo; el 31% de los agricultores indicaron que los altos costos de producción son un problema y finalmente el 28% definen que la falta de mercado también es uno de los problemas principales en la producción de mora (Barrera *et al.*, 2017). Todo esto indica que existe una gran

necesidad por conocer las condiciones actuales en las que los agricultores producen y comercializan la mora, y acentúa la importancia de consolidar activos sociales, así como conocer cómo los agricultores pueden optimizar sus sistemas de producción de mora.

Varios estudios sobre modelamiento de hogares y optimización económica de sistemas de producción muestran que se pueden maximizar los beneficios de los hogares y minimizar los costos de producción de los sistemas de producción a nivel de la Sierra ecuatoriana (Arévalo, 2018; Ilbay, 2011; Barrera *et al.*, 2010; Núñez, 2008; Barrera *et al.*, 2004; Rueda, 2004; Zárate, 2004; Barrera *et al.*, 2000; Inca, 2000); para ello, se utilizaron metodologías de tipificación de los hogares que permitieron la definición de las determinantes de la asignación de los recursos en los hogares, las mismas que fueron optimizadas mediante la aplicación de modelos matemáticos de optimización (Hillier *et al.*, 1991). Con estas experiencias, lo que se pretende es utilizar estas herramientas de tipificación y optimización que mejoren los sistemas de producción del cultivo de mora de castilla en la provincia de Cotopaxi.

En la práctica, los problemas de productividad de los sistemas de producción de mora del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, conducen a una mala toma de decisiones para la maximización de los beneficios o la reducción de los costos en consideración a un determinado número de restricciones. En este sentido, se debe decidir sobre los recursos a utilizar, la cantidad de cada uno de ellos y la técnica o método a emplear en cada proceso productivo.

Por lo anteriormente mencionado, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) con el apoyo de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), han visto la necesidad de realizar un estudio que permita contribuir al mejoramiento socio-económico y ambiental de los sistemas de producción del cantón Sigchos que producen mora, a través de la identificación de las determinantes de la asignación de los recursos para optimizar de mejor manera esos sistemas de producción de mora, mediante el empleo de modelos de optimización económica como el de programación matemática o lineal.

Considerando las potencialidades y limitantes de las actividades que realizan los productores de mora en el cantón Sigchos, se podrá diseñar estrategias de investigación y desarrollo que maximicen los beneficios de estos sistemas de producción, sin perturbar el medio ambiente, a través de las alternativas que promueve el INIAP en la producción del cultivo de la mora.

2. OBJETIVOS

2.1. General

- Determinar modelos de optimización económica de los sistemas de producción de mora del cantón Sigchos, la provincia de Cotopaxi, para mejorar su productividad y sostenibilidad.

2.2. Específicos

- Tipificar los sistemas de producción de mora como herramienta básica para la optimización.
- Determinar los procesos básicos y los coeficientes técnicos para cada variable que forma parte de los sistemas de producción de mora.
- Maximizar los sistemas de producción de mora convencionales a través de modelos de optimización económica.
- Proponer nuevas alternativas de optimización de los sistemas de producción de mora.

3. METODOLOGÍA

3.1. Características generales del área en estudio

El presente estudio se está realizando en el cantón Sigchos, perteneciente a la provincia de Cotopaxi. El cantón Sigchos se encuentra ubicado en el extremo nor-occidental de la provincia de Cotopaxi, a 00° 42' 03" de latitud sur y a 78°53'14" de latitud oeste. Colinda con los cantones Latacunga, Pujilí y La Maná de la misma provincia; con el cantón Santo Domingo de los Colorados

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables discriminantes usadas en la tipificación de los hogares productores de mora del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Variables en estudio | \bar{x} | s |
|--|-----------|----------|
| V ₁ = Edad del jefe del hogar (años) | 40.77 | 14.28 |
| V ₂ = Escolaridad del jefe de hogar (años) | 7.24 | 4.38 |
| V ₃ = Hogares con jefe de hogar hombres (%) | 84.8 | |
| V ₄ = Días en la semana que trabaja en la producción de mora | 4.39 | 1.62 |
| V ₅ = Superficie del lote de mora (ha) | 0.86 | 0.39 |
| V ₆ = Rendimiento de mora (kg ha ⁻¹) | 7525 | 1118.3 |
| V ₇ = Experiencia como productor de mora (años) | 19.68 | 9.48 |
| V ₈ = Superficie que tiene sembrado con mora de castilla (%) | 99.7 | 1.73 |
| V ₉ = Producción de mora en los meses de mayor producción (kg) | 4908.2 | 2522.1 |
| V ₁₀ = Producción de mora en los meses de menor producción (kg) | 1915.3 | 901.03 |
| V ₁₁ = Beneficios netos (\$ ha ⁻¹) | 4042.3 | 1828 |
| V ₁₂ = Porcentaje de mora que vendió al intermediario minorista | 19.7 | 40.08 |
| V ₁₃ = Porcentaje de mora que vendió al intermediario mayorista | 6.06 | 24.04 |
| V ₁₄ = Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista | 74.24 | 44.07 |
| V ₁₅ = Años que ha estado vendiendo al intermediario minorista | 2.88 | 7.45 |
| V ₁₆ = Años que ha estado vendiendo al intermediario mayorista | 0.48 | 2.1 |
| V ₁₇ = Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista | 10.65 | 8.95 |
| V ₁₈ = Costo del transporte de mora durante todo el año (\$ año ⁻¹) | 132.85 | 60.75 |
| V ₁₉ = Porcentaje de hogares que controlan la calidad de la fruta | 1.5 | |
| V ₂₀ = Porcentaje de hogares que cosechan mora en el envase de venta | 97 | |
| V ₂₁ = Porcentaje de hogares que recibieron créditos | 18.2 | |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Lejos de definir grupos de agricultores usando criterios como la escala de producción, se tomarán en cuenta otros factores que podrían influir en su decisión de pertenecer a cierto grupo de sistemas de producción. Esto implica que los sistemas de producción de mora serán tipificados dentro de un conjunto de características que se traducen a una alternativa para mejorar la productividad y sostenibilidad.

3.2.2. Método cuantitativo de grupos

Para definir las estrategias para mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción se usará el método multivariado que se compone de dos tipos de análisis: a) análisis de componentes principales y b) análisis de conglomerados o grupos.

3.2.2.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP es una técnica estadística muy útil usada para encontrar patrones similares en datos de alta dimensión. Es decir, ACP permite reducir un grupo grande de variables a un grupo más pequeño y ayudará, además, a crear índices con variables que miden cosas similares (conceptualmente). Esto es, ACP estandariza las variables seleccionadas bajo la forma de Z-scores, asignándoles media = 0 y desviación estándar = 1 (Romesburg, 1990). Este procedimiento permitirá eliminar los efectos de escala y unidades de medición, de manera que cada variable tendrá un mismo peso estadístico al momento del análisis. La estandarización se realizará usando la siguiente expresión:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$$

en donde: Z_{ij} representa los valores individuales, x_{ij} representa un valor de la variable en análisis, y μ_j y σ_j representan la media y desviación estándar ($i = 1, \dots, 66$ sistemas de producción o unidad de producción agropecuaria-UPA) de las variables ($j = 1, \dots, 21$).

3.2.2.2. Método de conglomerados

El método de conglomerados se basa en la teoría de que información con similares características estadísticas puede agruparse y diferenciarse con aquellas que presenten otro tipo de tendencias (Aldenderfer y Blashfield, 1984). Para conducir el análisis de conglomerados se seguirán cuatro pasos: 1) selección de una medida de distancia, 2) selección de un algoritmo de conglomerados, 3) determinación del número de conglomerados, y 4) validación del análisis.

Paso 1: Selección de una medida de distancia

Una vez que las variables sean convertidas en Z-scores a través del ACP, se establecerán espacios dimensionales en donde cada eje represente las variables en análisis. La medida de distancia apropiada para este análisis es la Distancia Euclidiana Ajustada (DEA) (Everitt, 1993). Los coeficientes de la DEA se calcularán entre cada par de sistemas de producción, eliminando el efecto -positivo o negativo- sobre la dirección del coeficiente de la distancia. La magnitud de cada uno de estos coeficientes medirá como similares o no similares cada par en el espacio Euclidiano. Los sistemas de producción serán más semejantes cuando tengan coeficientes de Distancia Euclidiana bajos y menos semejantes cuando tengan coeficientes de Distancia Euclidiana altos.

Paso 2: Selección de un algoritmo de conglomerados

El algoritmo de conglomerados seleccionado será el método de Ward o método de mínima varianza ya que reducirá al mínimo la varianza dentro de los grupos y agrupa los sistemas de producción con el menor incremento en la suma de cuadrados del error a la largo de cada etapa del proceso aglomerativo (Ward, 1963).

Paso 3: Determinación del número de conglomerados

Este algoritmo de Ward comienza localizando cada sistema de producción como grupo individual, continúa con una serie de combinaciones sucesivas entre los sistemas de producción que serán los más similares; finalmente, el algoritmo terminará de realizar combinaciones cuando los sistemas de producción se agrupen en conglomerados o grupos únicos basado en la DEA. La suma de cuadrados del error será calculada de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\sum e^2 = \sum_{i=1}^I (Z_{ij} - \mu_j)^2$$

donde: μ_j representa la media de cada grupo a través de la j -ésima variable, e I es el número de sistemas de producción en cada grupo. Cuando los grupos sean formados por un solo sistemas de producción con valores idénticos para todos los Z_{ij} , la suma de cuadrados de error del grupo será igual a cero, que es el valor más deseable para la formación homogénea de grupos (Ward, 1963).

Paso 4: Validación del análisis.

Finalmente, para realizar la validación del análisis se usará un Análisis de Varianza Univariadas (ADEVA), con el modelo matemático del Diseño Completamente al Azar (DCA), para cada una de las variables que se seleccionaron para definir los modelos de los sistemas de producción, utilizando los grupos de unidades de producción como tratamientos. Con estos análisis, se determinarán, a través de una prueba de *F estadística*, si existen o no diferencias estadísticas al nivel del 1% y 5%

de probabilidad, entre las medias aritméticas de los tipos de los sistemas de producción establecidos. El modelo utilizado para el análisis será el General Modelo Lineal Completamente al Azar (Steele y Torri, 1960), tal como se muestra a continuación:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Observación del tratamiento i en la observación j

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Error residual del tratamiento i y la observación j

La hipótesis nula H_0 : Grupo 1 = Grupo 2 = Grupo n, significa que los valores promedios de los grupos son iguales, lo cual indicará que los grupos de sistemas de producción son homogéneos; en cambio, las hipótesis alternativa H_A : Grupo 1 \neq Grupo 2 \neq Grupo n, significa que existen diferencias entre los valores promedios de los grupos, lo cual indicará que los grupos evaluados tendrán diferente respuesta en las variables consideradas para el análisis.

3.3. Metodología para la optimización de los sistemas de producción

3.3.1. Programación lineal

El método de programación lineal se aplicó para propósitos de maximizar los beneficios de los grupos de sistemas de producción de mora existentes en la provincia de Cotopaxi, bajo constricciones lineales de desigualdad y cubriendo en etapas sucesivas los siguientes aspectos. 1) determinar los procesos de producción que optimizan el uso de recursos con maximización de los ingresos netos actuales; y 2) proponer alternativas de producción que optimicen económicamente los sistemas de producción de mora actuales.

Para obtener la solución óptima económica se utilizó el programa LINDO, creado por el Departamento de Nutrición y Economía de la Universidad de Florida, EEUU. Este programa permitió trabajar un gran número de variables y restricciones y por lo tanto solucionar las dificultades planteadas con el método manual cuando las variables se presentan en cantidades superiores a veinte o más. En este estudio el programa permitió resolver problemas de maximización de beneficios económicos por medio de programación lineal.

3.3.2. Información básica utilizada

La información básica empleada para la elaboración de los coeficientes de las variables que caracterizan los distintos procesos de producción de mora fue obtenida de los datos primarios recogidos a través de una encuesta representativa a 66 productores de mora de la provincia de Cotopaxi (Barrera *et al.*, 2017), la información experimental existente en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, y el conocimiento adquirido por el trabajo realizado en la zona de estudio durante varios años en el cultivo de mora. Los ajustes de algunos coeficientes de las variables en estudio se establecieron a través de la recopilación de información en 15 sistemas de producción de mora, principalmente de los costos de producción elaborados con los productores, durante un día de trabajo con cada productor.

3.3.3. Los procesos de producción

Es importante señalar que el Método Cuantitativo de Grupos determinó que para el caso de productores de mora de la provincia de Cotopaxi, existen dos grupos de hogares, que se diferencian por algunos factores socio-económicos, pero no se diferencian por la productividad que finalmente se traduce en beneficios económicos; por ello, para la optimización económica se consideró como un solo grupo de productores.

3.3.4. Variables utilizadas

Las variables que se muestran a continuación son parte del proceso de producción de los hogares encontrados para la provincia de Cotopaxi:

X₁= Hectáreas de mora.

X₂= Consumo de mora de una familia.

X₃= Fertilización de ingrediente activo de N para la implementación.

X₄= Fertilización de ingrediente activo de P para la implementación.

X₅= Fertilización de ingrediente activo de K para la implementación.

X₆= Fertilización orgánica para la implementación.

X₇= Plantas para la implementación.

X₈= Fertilización de ingrediente activo de N para el mantenimiento.

X₉= Fertilización de ingrediente activo de P para el mantenimiento.

X₁₀= Fertilización de ingrediente activo de K para el mantenimiento.

X₁₁= Fungicidas de ingrediente activo para el mantenimiento.

X₁₂= Insecticidas de ingrediente activo para el mantenimiento.

X₁₃= Herbicidas de ingrediente activo para el mantenimiento.

X₁₄= Foliares de ingrediente activo para el mantenimiento.

X₁₅= Postes para el tutoreo.

X₁₆= Cantidad de alambre para tutoreo.

X₁₇= Mano de obra para preparación de suelo.

X₁₈= Mano de obra para trazado de suelo.

X₁₉= Mano de obra para hoyado de suelo.

X₂₀= Mano de obra para plantación.

X₂₁= Mano de obra para tutoreo.

X₂₂= Mano de obra para hoyado para postes.

X₂₃= Mano de obra para la fertilización en la implementación.

X₂₄= Mano de obra para la fertilización en el mantenimiento.

X₂₅= Mano de obra para controles fitosanitarios.

X₂₆= Mano de obra para la aplicación de herbicidas.

X₂₇= Mano de obra para poda.

X₂₈= Mano de obra para deshierba.

X₂₉= Mano de obra para cosecha.

3.3.5. La función lineal objetivo

La función lineal objetivo que se maximizó fue los beneficios totales en consideración a 29 variables que representan la alternativa de producción de mora y sus ingresos netos. La función económica a maximizar en este estudio fue la siguiente:

Ciclo de producción incluido implementación y mantenimiento:

$$\text{Max (Z)} = 5036X_1 - 0.95X_2 - 0.7X_3 - 0.8X_4 - 0.76X_5 - 0.12X_6 - 0.63X_7 - 0.7X_8 - 0.8X_9 - 0.76X_{10} - 12.75X_{11} - 18.20X_{12} - 5.57X_{13} - 7.73X_{14} - 0.08X_{15} - 1.67X_{16} - 15X_{17} - 15X_{18} - 15X_{19} - 15X_{20} - 15X_{21} - 15X_{22} - 15X_{23} - 15X_{24} - 15X_{25} - 15X_{26} - 15X_{27} - 15X_{28} - 15X_{29}$$

Ciclo de producción solo mantenimiento:

$$\text{Max (Z)} = 7194X_1 - 0.95X_2 - 0.7X_8 - 0.8X_9 - 0.76X_{10} - 12.75X_{11} - 18.20X_{12} - 5.57X_{13} - 7.73X_{14} - 0.08X_{15} - 1.67X_{16} - 15X_{21} - 15X_{22} - 15X_{24} - 15X_{25} - 15X_{26} - 15X_{27} - 15X_{28} - 15X_{29}$$

3.3.6. Coeficientes técnicos

5036X₁= La producción de mora por hectárea es de 5301 kg por el precio de kg de mora para la venta al intermediario que es de 0.95 USD (Ciclo de producción incluido implementación y mantenimiento).

0.95X₂= Precio del kg de mora para el consumo familiar es de 0.95 USD.

0.7X₃= Precio del kg de ingrediente activo de N para la implementación es de 0.7 USD.

0.8X₄= Precio del kg de ingrediente activo de P para la implementación es de 0.8 USD.

0.76X₅= Precio del kg de ingrediente activo de K para la implementación es de 0.76 USD.

0.12X₆= Precio del kg de materia orgánica para la implementación es de 0.12 USD.

0.63X₇= Precio de una planta de mora para la implementación es de 0.63 USD.

0.7X₈= Precio del kg de ingrediente activo de N para el mantenimiento es de 0.70 USD.

0.8X₉= Precio del kg de ingrediente activo de P para el mantenimiento es de 0.80 USD.

0.76X₁₀= Precio del kg de ingrediente activo de K para el mantenimiento es de 0.76 USD.

12.75X₁₁= Precio del kg de ingrediente activo de fungicida para el mantenimiento es de 12.75 USD.

18.20X₁₂= Precio del kg de ingrediente activo de insecticida para el mantenimiento es de 18.20 USD.

5.57X₁₃= Precio del kg de ingrediente activo de herbicida para el mantenimiento es de 5.57 USD.

7.73X₁₄= Precio del kg de ingrediente activo de fertilizante foliar para el mantenimiento es de 7.73 USD.

0.08X₁₅= Precio de un poste para tutoreo es de 0.08 USD.

1,67X₁₆= Precio del kilogramo de alambre para tutoreo es de 1.67 USD.

15X₁₇= Precio del jornal para preparación de suelo es de 15 USD.

15X₁₈= Precio del jornal para trazado de suelo es de 15 USD.

15X₁₉= Precio del jornal para hoyado de suelo para las plantas es de 15 USD.

15X₂₀= Precio del jornal para plantación de mora es de 15 USD.

15X₂₁= Precio del jornal para tutoreo es de 15 USD.

15X₂₂= Precio del jornal para hoyado para postes es de 15 USD.

15X₂₃= Precio del jornal para la aplicación de fertilizantes en implementación es de 15 USD.

15X₂₄= Precio del jornal para la aplicación de fertilizantes en mantenimiento es de 15 USD.

15X₂₅= Precio del jornal para controles fitosanitarios es de 15 USD.

15X₂₆= Precio del jornal para la aplicación herbicidas es de 15 USD.

15X₂₇= Precio del jornal para poda es de 15 USD.

15X28= Precio del jornal para deshierba es de 15 USD.

15X29= Precio del jornal para cosecha es de 15 USD.

3.3.7. Restricciones

$$X_1 \leq 0.98$$

Las hectáreas del cultivo deben ser menores o iguales a 0.98 ha.

$$5301X_1 \geq 68$$

La producción de mora por hectárea de 5301 kg ha⁻¹ debe ser mayor o igual al consumo familiar que es de 68 kg año⁻¹ (Ciclo de producción incluido implementación y mantenimiento).

$$X_2 \geq 68$$

Los kg de mora para el autoconsumo de la familia de 6 miembros deben ser mayor o igual a 68 kg año⁻¹.

$$X_3 - 12X_1 \geq 0$$

La fertilización nitrogenada para mora debe ser mayor o igual a 12 kg ia ha⁻¹ de N para la implementación.

$$X_4 - 11X_1 \geq 0$$

La fertilización fosfórica para mora debe ser mayor o igual a 11 kg ia ha⁻¹ de P para la implementación.

$$X_5 - 18X_1 \geq 0$$

La fertilización potásica para mora debe ser mayor o igual a 18 kg ia ha⁻¹ de K para la implementación.

$$X_6 - 100X_1 \geq 0$$

La fertilización orgánica para mora debe ser mayor o igual a 100 kg ha⁻¹ de materia orgánica para implementación.

$$X_7 - 1608X_1 \geq 0$$

La cantidad de plantas por hectárea para el cultivo de mora debe ser mayor o igual a 1608 por ha para la implementación.

$$X_8 - 18X_1 \geq 0$$

La fertilización nitrogenada para mora debe ser mayor o igual a 18 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ de N para mantenimiento.

$$X_9 - 19X_1 \geq 0$$

La fertilización fosfórica para mora debe ser mayor o igual a 19 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ de P para mantenimiento.

$$X_{10} - 10X_1 \geq 0$$

La fertilización potásica para mora debe ser mayor o igual a 10 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ de K para mantenimiento.

$$X_{11} - 14.50X_1 \geq 0$$

Los kg de fungicidas comerciales para el cultivo deben ser mayores o iguales a 14.50 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ (al 0.1%) para mantenimiento.

$$X_{12} - 11.20X_1 \geq 0$$

Los kg de insecticidas comerciales para el cultivo deben ser mayores o iguales a 11.20 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ (al 0.1%) para mantenimiento.

$$X_{13} - 13.50X_1 \geq 0$$

Los kg de herbicidas comerciales para el cultivo deben ser mayores o iguales a 13.50 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ (al 0.1%) para mantenimiento.

$$X_{14} - 28.50X_1 \geq 0$$

Los kg de fertilizante foliar para el cultivo deben ser mayores o iguales a 28.50 kg ia ha⁻¹ año⁻¹ (al 0.1%) para mantenimiento.

$$X_{15} - 3022X_1 \geq 0$$

La cantidad de postes por hectárea para tutorar el cultivo de mora debe ser mayor o igual a 3022.

$$X_{16} - 107X_1 \geq 0$$

La cantidad de alambre por hectárea para tutorar el cultivo de mora debe ser mayor o igual a 107 kg.

$$X_{17} - 9X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la preparación del suelo previo a la implementación del cultivo de mora es de 9 jornales en promedio.

$$X_{18} - 3X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para el trazado del suelo previo a la implementación del cultivo de mora es de 3 jornales en promedio.

$$X_{19} - 4X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para el hoyado del suelo previo a la implementación del cultivo de mora es de 4 jornales en promedio.

$$X_{20} - 5X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la plantación del cultivo de mora es de 5 jornales.

$$X_{21} - 3X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para el tutoreo de mantenimiento en el cultivo de mora es de 3 jornales.

$$X_{22} - 3X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para el hoyado para puestas de postes para tutorar en el cultivo de mora es de 3 jornales.

$$X_{23} - 2X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la aplicación de fertilizantes de implementación en el cultivo de mora es de 2 jornales.

$$X_{24} - 2X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la aplicación de fertilizantes de mantenimiento en el cultivo de mora es de 2 jornales.

$$X_{25} - 5X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para los controles fitosanitarios de mantenimiento en el cultivo de mora es de 5 jornales.

$$X_{26} - 2X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la aplicación de herbicidas de mantenimiento en el cultivo de mora es de 2 jornales.

$$X_{27} - 6X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la poda de mantenimiento en el cultivo de mora es de 6 jornales (Ciclo de producción incluido implementación y mantenimiento).

$$X_{28} - 7X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para la deshierba de mantenimiento en el cultivo de mora es de 7 jornales.

$$X_{29} - 58X_1 \geq 0$$

La mano de obra por hectárea para cosecha del cultivo de mora es de 58 jornales (ciclo de producción incluido implementación y mantenimiento).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de Componentes Principales

En la Tabla 2 se puede observar el porcentaje de la varianza que cada variable aporta para la conformación de los factores (Comunalidad). En este estudio, la mayoría de las variables contribuyeron con un buen porcentaje de la varianza; sin embargo, la variable V_{21} , no fue un buen aporte para la determinación de los componentes principales, ya que se esperaba que al menos cada variable contribuya con un 50% de la Comunalidad (0.50).

Tabla 2. Comunalidad, varianza y porcentaje de la varianza explicada por los factores encontrados en el Análisis de Componentes Principales. Cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Componente | Comunalidad | Eigenvalue | % de Variance | % de Varianza Acumulada |
|------------|-------------|------------|---------------|-------------------------|
| 1 | 0.845 | 4.18 | 19.88 | 19.88 |
| 2 | 0.711 | 3.32 | 15.81 | 35.69 |
| 3 | 0.499 | 2.43 | 11.55 | 47.25 |
| 4 | 0.577 | 2.38 | 11.33 | 58.58 |
| 5 | 0.912 | 1.54 | 7.32 | 65.89 |
| 6 | 0.801 | 1.39 | 6.61 | 72.51 |
| 7 | 0.799 | 1.10 | 5.24 | 77.75 |
| 8 | 0.757 | | | |
| 9 | 0.876 | | | |
| 10 | 0.763 | | | |
| 11 | 0.810 | | | |
| 12 | 0.912 | | | |
| 13 | 0.960 | | | |
| 14 | 0.930 | | | |
| 15 | 0.875 | | | |
| 16 | 0.944 | | | |
| 17 | 0.762 | | | |
| 18 | 0.922 | | | |
| 19 | 0.567 | | | |
| 20 | 0.750 | | | |
| 21 | 0.355 | | | |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

La Tabla 2, también muestra los valores de la varianza multivariada (Eigenvalue), es decir el peso de cada factor en donde se concentraron las variables que tienen relación entre sí. Para este estudio, las 21 variables en estudio se redujeron a 7 factores o componentes, los cuales representan el 77.75% de la varianza acumulada.

La Tabla 3 muestra la matriz de correlación entre las variables estandarizadas versus cada uno de los componentes principales en los que se agruparon. El criterio que se utiliza para conjugar las variables en un componente es el que se usa para el análisis de correlación, siendo el valor máximo 1, que representa una correlación significativa o altamente significativa.

Tabla 3. Matriz de Componentes Principales o Factores extraídos de las 21 variables seleccionadas. Cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Variables | Componentes | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| V ₁ | 0.345 | 0.159 | 0.800 | 0.181 | 0.113 | -0.065 | -0.107 |
| V ₂ | -0.236 | -0.274 | -0.730 | -0.200 | 0.018 | -0.071 | -0.052 |
| V ₃ | -0.182 | 0.438 | 0.217 | 0.216 | -0.078 | 0.015 | -0.418 |
| V ₄ | 0.289 | -0.044 | 0.199 | -0.258 | 0.206 | 0.045 | 0.584 |
| V ₅ | 0.800 | 0.470 | -0.189 | 0.023 | -0.041 | -0.108 | 0.051 |
| V ₆ | 0.123 | 0.029 | -0.396 | 0.308 | 0.263 | 0.643 | -0.225 |
| V ₇ | 0.367 | 0.162 | 0.659 | 0.445 | 0.037 | 0.066 | 0.025 |
| V ₈ | -0.153 | 0.113 | 0.119 | 0.094 | -0.701 | 0.422 | 0.165 |
| V ₉ | 0.765 | 0.433 | -0.303 | 0.021 | -0.071 | -0.002 | 0.072 |
| V ₁₀ | 0.723 | 0.243 | -0.386 | 0.158 | 0.064 | 0.061 | -0.015 |
| V ₁₁ | -0.455 | 0.068 | -0.027 | 0.495 | 0.214 | 0.541 | -0.122 |
| V ₁₂ | -0.345 | 0.732 | 0.029 | -0.492 | 0.057 | 0.027 | -0.104 |
| V ₁₃ | -0.387 | 0.235 | -0.153 | 0.777 | 0.049 | -0.251 | 0.249 |
| V ₁₄ | 0.525 | -0.794 | 0.057 | 0.023 | -0.079 | 0.112 | -0.042 |
| V ₁₅ | -0.077 | 0.829 | 0.212 | -0.351 | 0.086 | 0.072 | -0.020 |
| V ₁₆ | -0.324 | 0.229 | -0.212 | 0.749 | 0.034 | -0.292 | 0.305 |
| V ₁₇ | 0.605 | -0.535 | 0.238 | 0.143 | -0.066 | 0.168 | 0.006 |
| V ₁₈ | 0.803 | 0.413 | -0.307 | 0.095 | 0.001 | 0.059 | 0.026 |
| V ₁₉ | -0.173 | 0.225 | 0.020 | -0.185 | 0.259 | 0.471 | 0.404 |
| V ₂₀ | 0.163 | -0.147 | 0.034 | 0.030 | 0.789 | -0.180 | -0.214 |
| V ₂₁ | -0.186 | -0.155 | 0.123 | -0.163 | 0.376 | 0.146 | 0.304 |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Respecto de los componentes encontrados se puede indicar que en el caso del componente 1 (Tabla 3), éste presentó el mayor peso con un valor de 4.18 (Tabla 2), y estuvo relacionado con la producción y comercialización con los transportistas de mora, en donde estaban correlacionadas las siguientes variables: V₅ (Superficie del lote de mora en ha), V₉ (Producción de mora en los meses de mayor producción en kg), V₁₀ (Producción de mora en los meses de menor producción en kg), V₁₄ (Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista), V₁₇ (Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista) y V₁₈ (Costo del transporte de mora durante todo el año en USD año⁻¹).

4.1.2. Análisis de definición de los grupos de hogares

La Tabla 4 muestra el número de grupos o conglomerados de los hogares para el cantón Sigchos. Para obtener los grupos o conglomerados de hogares se utilizaron las nuevas variables o factores encontrados con el ACP, mientras que para la denominación de los grupos se tomó en cuenta las

variables más relevantes de las 21 variables que fueron parte del análisis. El análisis de clúster determinó dos grupos de hogares productores de mora y distribuidos de la siguiente manera: Grupo 1: 47% de los hogares y Grupo 2: 53% de los hogares (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de conglomerados del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Grupos de Hogares | |
|---|--|
| 1 (47% de hogares) | 2 (53% de hogares) |
| Hogares con mayor superficie, más créditos para usar en mora y con ventas a los intermediarios minoristas y transportistas. | Hogares con menor superficie, menos créditos para usar en mora y con ventas a los intermediarios transportistas. |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

4.1.3. Confiabilidad de la diferencia entre grupos

En la Tabla 5 se muestran los valores de *F calculados* y la significación o probabilidad de variables que se seleccionaron para definir los grupos de hogares que producen mora; estos valores muestran que a excepción de la variable V_1 , V_2 , V_4 , V_8 , V_{14} , V_{15} , V_{17} y V_{18} , el resto de las variables en el análisis mostraron diferencias estadísticas al nivel del 1% y 5% de probabilidad, entre las medias aritméticas de los tres tipos de hogares establecidos; es decir, cada grupo de hogares es diferente y presenta sus propias características.

Tabla 5. Estadísticas que definen los modelos de hogares que producen mora en el cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| VARIABLES EN ESTUDIO | Fc. | Sig. |
|---|-------|--------|
| V_1 = Años de edad del jefe del hogar | 0.30 | 0.59ns |
| V_2 = Años de escolaridad del jefe de hogar | 0.28 | 0.60ns |
| V_4 = Días en la semana que trabaja en la producción de mora | 5.79 | 0.02* |
| V_5 = Superficie del lote de mora en hectáreas | 6.13 | 0.02* |
| V_6 = Rendimiento de mora en $kg\ ha^{-1}$ | 0.11 | 0.74ns |
| V_7 = Años de experiencia como productor de mora | 0.42 | 0.52ns |
| V_8 = Porcentaje de la superficie sembrado con mora de castilla | 2.34 | 0.13ns |
| V_9 = Producción de mora en kg en los meses de mayor producción | 2.74 | 0.10ns |
| V_{10} = Producción de mora en kg en los meses de menor producción | 3.13 | 0.08ns |
| V_{11} = Beneficio Neto en $USD\ ha^{-1}$ | 0.25 | 0.62ns |
| V_{12} = Porcentaje de mora que vendió al intermediario minorista | 24.51 | 0.00** |
| V_{13} = Porcentaje de mora que vendió al intermediario mayorista | 5.03 | 0.03* |
| V_{14} = Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista | 41.21 | 0.00** |
| V_{15} = Años que ha estado vendiendo al intermediario minorista | 13.20 | 0.00** |
| V_{16} = Años que ha estado vendiendo al intermediario mayorista | 4.17 | 0.05* |
| V_{17} = Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista | 10.58 | 0.00** |
| V_{18} = Costo en dólares del transporte de mora durante todo el año | 4.25 | 0.04* |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Fc.= F calculado; Sig.= Significación estadística.

ns= no significativo; * significativo al 5%; ** altamente significativo al 1%.

4.1.4. Estrategias de los medios de vida de los grupos establecidos

En la Tabla 6 se puede apreciar los promedios de las variables que caracterizan las estrategias de los medios de vida de los hogares que producen mora en la provincia de Cotopaxi.

Tabla 6. Promedios de las variables que caracterizan los grupos de hogares productores de mora a nivel del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Variable en estudio | Grupo 1 (47%) | Grupo 2 (53%) |
|--|--------------------------|--------------------------|
| Hogares que hablan kichwa (%) | 77.40 | 85.70 |
| Total de miembros de la familia | 4.87 | 5.20 |
| Sexo del jefe del hogar (% hombres) | 74.20 | 94.30 |
| Sexo del jefe del hogar (% mujeres) | 25.80 | 5.70 |
| Edad del jefe del hogar (años) | 39.74 | 41.69 |
| Escolaridad del jefe de hogar (años) | 7.55 | 6.97 |
| Días en la semana que trabaja en la producción de mora | 3.90 | 4.83 |
| Superficie del lote de mora (ha) | 0.98 | 0.75 |
| Rendimiento de mora (kg ha ⁻¹) | 7573.00 | 7482.00 |
| Experiencia como productor de mora (años) | 18.87 | 20.40 |
| Superficie sembrada con mora de castilla (%) | 99.35 | 100.00 |
| Producción de mora en los meses de mayor producción (kg) | 5447.10 | 4430.86 |
| Producción de mora en los meses de menor producción (kg) | 2120.32 | 1733.71 |
| Beneficios brutos (USD ha ⁻¹) | 7397.40 | 6897.74 |
| Costos totales (USD ha ⁻¹) | 3235.40 | 2961.37 |
| Beneficios netos (USD ha ⁻¹) | 4161.80 | 3936.37 |
| Precio de mora (USD kg ⁻¹) | 0.97 | 0.92 |
| Porcentaje de mora que vendió al intermediario minorista | 41.94 | 0.00 |
| Porcentaje de mora que vendió al intermediario mayorista | 12.90 | 0.00 |
| Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista | 45.16 | 100.00 |
| Años que ha estado vendiendo al intermediario minorista | 6.13 | 0.00 |
| Años que ha estado vendiendo al intermediario mayorista | 1.03 | 0.00 |
| Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista | 7.10 | 13.80 |
| Costo del transporte de mora (USD año ⁻¹) | 148.83 | 118.66 |
| Controlan la calidad de la fruta con manejo agronómico (%) | 3.20 | 0.00 |
| Cosechan la mora directamente en el empaque de venta (%) | 93.50 | 100.00 |
| Hogares que recibieron créditos (%) | 29.00 | 8.60 |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Grupo 1: Hogares con mayor superficie, más créditos para usar en mora y con ventas a los intermediarios minoristas y transportistas.

Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia un promedio de cinco personas. En este grupo, no se prioriza la participación del hombre como responsable del manejo del hogar (74%), mismo que posee un nivel educativo de 7.55 años de estudio en promedio. La edad promedio del responsable del hogar es de 40 años. Los responsables de los hogares que hablan kichwa en este grupo es relativamente alto con un 77.40%. Este grupo de hogares reporta un promedio de superficie dedicada al cultivo de mora de 0.98 ha que representa el más alto de las áreas productoras de mora en Cotopaxi. El 100% de los productores de este grupo no dispone de agua para riego, lo cual indica que la producción de la mora se realiza con la temporada de lluvias. En este grupo, los productores se dedican a producir mora al menos 3.90 días por semana y presentan una experiencia en el manejo de la mora de al menos 18.87 años. Los beneficios netos en este grupo de hogares son de USD 4162 dólares por hectárea y por año, producto de los rendimientos, 7573 kg ha⁻¹, y del precio más alto del producto de mora que reciben los productores, 0.97 USD kg⁻¹; los costos totales de producción son los más altos con un valor de USD 3235 dólares por hectárea. Se debe señalar que el 99.35% de los hogares producen la variedad mora de castilla. El 93.50% de los hogares de este grupo cosechan directamente la mora en el empaque de venta

que puede ser canastos, baldes y tarrinas, principalmente; el 3.20% de los hogares poseen mecanismo para mejorar la calidad de la fruta a través del manejo agronómico de la mora. Un 29% de los hogares reportó haber recibido crédito que se lo dedicó específicamente para el cultivo de mora. Es importante recalcar que los hogares de este grupo priorizan la venta de mora con los intermediarios minoristas en el 41.94% de los casos y con los intermediarios transportistas en el 45.16% de los casos, a los cuales les llevan vendiendo su producto por aproximadamente 6.13 y 7.10 años en promedio, respectivamente.

Grupo 2: Hogares con menor superficie, menos créditos para usar en mora y con ventas a los intermediarios transportistas.

Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia un promedio de cinco personas. En este grupo, se prioriza la participación del hombre como responsable del manejo del hogar (94%), mismo que posee un nivel educativo de 6.97 años de estudio en promedio. La edad promedio del responsable del hogar es de 42 años. Los responsables de los hogares que hablan kichwa en este grupo es el más alto de la provincia con un 85.70%. Este grupo de hogares reporta un promedio de superficie dedicada al cultivo de mora de 0.75 ha que representa el más bajo de las áreas productoras de mora en Cotopaxi. El 100% de los productores de este grupo no dispone de agua para riego, lo cual indica que la producción de la mora se realiza con la temporada de lluvias. En este grupo, los productores se dedican a producir mora al menos 4.83 días por semana y presentan una experiencia en el manejo de la mora de al menos 20.40 años. Los beneficios netos en este grupo de hogares son de USD 3936 dólares por hectárea y por año, producto de los rendimientos, 7482 kg ha⁻¹, y del precio más bajo del producto de mora que reciben los productores, 0.92 USD kg⁻¹; los costos totales de producción son los más bajos con un valor de USD 2961 dólares por hectárea. Se debe señalar que el 100% de los hogares producen la variedad mora de castilla. El 100% de los hogares de este grupo cosechan directamente la mora en el empaque de venta que puede ser canastos, baldes y tarrinas, principalmente; los hogares de este grupo no poseen mecanismo para mejorar la calidad de la fruta a través del manejo agronómico de la mora. Solamente el 9% de los hogares reportó haber recibido crédito que se lo dedicó específicamente para el cultivo de mora. Es importante recalcar que el 100% de los hogares de este grupo priorizan la venta de mora con los intermediarios transportistas, a los cuales les llevan vendiendo su producto por aproximadamente 13.80 años en promedio.

4.2. Resultados de la optimización de productores de mora en el cantón Sigchos

4.2.1. Maximización de beneficios para el Modelo Original

El resultado obtenido para el problema de programación lineal planteado en este estudio se presenta en la Tabla 7, en donde se puede observar que la solución final es la maximización de beneficios con USD 1116 para el primer ciclo de producción, que comprende la fase de implementación y de mantenimiento durante el primer año, y USD 4271 para el segundo ciclo de producción, que corresponde a la fase de mantenimiento promedio de los años de mejor producción de la mora. Para obtener este beneficio los productores de mora, en términos generales mantienen el componente de producción de mora que se encuentra representado por la siembra de 0.98 ha.

El manejo del sistema de producción de mora comienza con las labores de preparación del terreno en forma convencional, que se inicia con una limpieza del terreno de forma manual (dos jornales de deshierba) y/o química con la aplicación de una dosis de dos litros de glifosato por hectárea. Previo a la plantación se realiza un trazado de la parcela a sembrar y se utilizan un promedio de 1608 plantas por hectárea; en cuanto a la fertilización de implementación y mantenimiento, al momento de la siembra, en los hoyos se aplica materia orgánica en proporciones entre 141 kg ha⁻¹, los mismos que se mezclan con fertilizantes en dosis de aproximadamente 12-11-18 kg ha⁻¹ de N-P-K, respectivamente. Para el mantenimiento se mezcla 18-19-10 kg ha⁻¹ de N-P-K, respectivamente, y se aplican en forma de corona a cada una de las plantas de mora proporcionalmente. La fertilización foliar es compensada por una amplia gama de fertilizantes

foliares que básicamente están compuestos por aminoácidos, quelatos y elementos menores ricos en Calcio, Hierro, Fósforo y Boro en diferentes cantidades, entre los que se pueden destacar el Borax, Engromax, Citomag, Amicsur, Kafir, Evergreen, en cantidades promedio de 28.50 l ha⁻¹ año⁻¹.

Tabla 7. Maximización de los beneficios económicos de los sistemas de producción del cultivo de mora en dos ciclos de producción, según el modelo original. Cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Componentes del sistema | Unidad | Primer ciclo | Segundo ciclo |
|---|----------------------|--------------|---------------|
| X ₁ = Hectáreas de mora. | Ha | 0.98 | 0.98 |
| X ₂ = Consumo de mora de una familia. | kg año ⁻¹ | 68.00 | 68.00 |
| X ₃ = Fertilización de ingrediente activo de N para la implementación. | Kg | 11.76 | |
| X ₄ = Fertilización de ingrediente activo de P para la implementación. | Kg | 10.78 | |
| X ₅ = Fertilización de ingrediente activo de K para la implementación. | Kg | 17.64 | |
| X ₆ = Fertilización orgánica para la implementación. | Kg | 98.00 | |
| X ₇ = Plantas para la implementación. | Número | 1576 | |
| X ₈ = Fertilización de ingrediente activo de N para el mantenimiento. | Kg | 17.64 | 17.64 |
| X ₉ = Fertilización de ingrediente activo de P para el mantenimiento. | Kg | 18.62 | 18.62 |
| X ₁₀ = Fertilización de ingrediente activo de K para el mantenimiento. | Kg | 9.80 | 9.80 |
| X ₁₁ = Fungicidas de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 14.21 | 14.21 |
| X ₁₂ = Insecticidas de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 10.98 | 10.98 |
| X ₁₃ = Herbicidas de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 13.23 | 13.23 |
| X ₁₄ = Foliares de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 27.93 | 27.93 |
| X ₁₅ = Postes para el tutoreo (varas). | Número | 2962 | |
| X ₁₆ = Cantidad de alambre para tutoreo. | Kg | 104.86 | |
| X ₁₇ = Mano de obra para preparación de suelo. | Jornales | 8.82 | |
| X ₁₈ = Mano de obra para trazado de suelo. | Jornales | 2.94 | |
| X ₁₉ = Mano de obra para hoyado de suelo. | Jornales | 3.92 | |
| X ₂₀ = Mano de obra para plantación. | Jornales | 4.90 | |
| X ₂₁ = Mano de obra para tutoreo. | Jornales | 2.94 | |
| X ₂₂ = Mano de obra para hoyado para postes. | Jornales | 2.94 | |
| X ₂₃ = Mano de obra para la fertilización en la implementación. | Jornales | 1.96 | |
| X ₂₄ = Mano de obra para la fertilización en el mantenimiento. | Jornales | 1.96 | 1.96 |
| X ₂₅ = Mano de obra para controles fitosanitarios. | Jornales | 4.90 | 4.90 |
| X ₂₆ = Mano de obra para la aplicación de herbicidas. | Jornales | 1.96 | 1.96 |
| X ₂₇ = Mano de obra para poda. | Jornales | 5.88 | 5.88 |
| X ₂₈ = Mano de obra para deshierba. | Jornales | 6.86 | 6.86 |
| X ₂₉ = Mano de obra para cosecha. | Jornales | 56.84 | 81.34 |
| Maximización de Beneficios (Dólares por ciclo) | | 1116 | 4271 |

Fuente: Ormaza, 2019.

El control de malezas lo realizan con herbicidas como el Gramoxone, Glifosato y King, en forma fraccionada de tres a cuatro aplicaciones por año y en cantidades que superan los 13.50 l ha⁻¹. Manualmente se realiza la labor de corona con la finalidad de eliminar malezas que compiten con el cultivo. En cuanto a la utilización de fungicidas para el control de enfermedades tales como *Botritis sp.*, *Oidium sp.*, *Peronospora*, se realiza entre 1 y 12 controles por año para prevenir el ataque de estas enfermedades, para lo cual se utiliza fungicidas entre preventivos y curativos de una diversidad de nombres comerciales, tales como: Daconil, Lanchero, Balear, Topsin, Zakura y Preventor, en dosis que se encuentran en alrededor de 14.50 kg o l ha⁻¹ año⁻¹. Para el control de plagas del cultivo de mora se realizan entre 1 y 12 controles por año, para lo cual se utiliza insecticidas de amplio espectro como: Corax, Gladiador, Rangoli, Dimetoato y Lambda en cantidades promedio de 11.20 kg o l ha⁻¹ año⁻¹.

La mano de obra para la implementación del cultivo de la mora, en donde constan actividades como preparación del suelo, trazado, hoyado, plantación, hoyado para postes, tutorio y fertilización, suman un total de 38 jornales aproximadamente, los mismos que son proporcionados por la mano de obra familiar. La mano de obra que demanda las labores culturales de mantenimiento del cultivo de mora tales como podas de renovación al inicio del periodo lluvioso y las podas bimensuales están en alrededor de 6 jornales, y en deshierbes o control de malezas manual en 7 jornales. La cosecha es una labor muy importante que demanda la utilización de alrededor de 58 jornales. La mano de obra familiar de los productores de mora del cantón Sigchos, parroquia Chugchilán, sector Sarahuasi es de aproximadamente el 70% del total que se utiliza.

4.2.2. Maximización de beneficios con prácticas de cultivo mejoradas por el INIAP

Una vez que el modelo original de producción fue validado en relación a los beneficios que los productores reciben, se procedió a plantear opciones de optimización basados en el mejoramiento de la productividad que puede obtener este grupo con las alternativas tecnológicas desarrolladas por el INIAP para la zona en estudio. Se creyó conveniente variar en el modelo original las opciones de fertilización inorgánica en la implementación y mantenimiento del cultivo, la fertilización foliar en el mantenimiento, la utilización de fungicidas de baja toxicidad y de origen biológico, así como también la optimización del uso de mano de obra para el manejo del cultivo en las labores culturales que éste requiere, principalmente en la poda.

Con las alternativas tecnológicas propuestas, los resultados obtenidos para el problema de programación lineal planteado en este estudio (Tabla 8), muestran que la solución final de la maximización de beneficios es de USD 1661 para el primer ciclo de producción que comprende la fase de implementación y de mantenimiento durante el primer año, y USD 5700 para el segundo ciclo de producción, que corresponde a la fase de mantenimiento promedio de los años de mejor producción de la mora.

El manejo del sistema de producción de mora comienza con el análisis de suelos para conocer su estado nutricional; las labores de preparación del terreno, así como las labores limpieza del terreno y trazado se hacen manualmente. Previo a la plantación, se realiza un trazado de la parcela a sembrar y se utilizan 1776 plantas por hectárea. En cuanto a la fertilización de implementación, al momento de la siembra, en los hoyos se aplica 6664 kg ha⁻¹ de materia orgánica mezclada con fertilizante químico en dosis de 39-46-71 kg ha⁻¹ de N-P-K, respectivamente, en ingrediente activo; Para el mantenimiento de la plantación, después de la primera cosecha, se aplica una dosis similar al de la implementación, que se aplica en forma de corona a cada una de las plantas de mora, proporcionalmente. La fertilización foliar es compensada por una amplia gama de fertilizantes foliares que básicamente están compuestos de Quelatos a base de Zinc, Hierro, Boro y Calcio, en cantidades de 8 l ha⁻¹ que se aplican en diferentes atapas del cultivo.

El control de malezas se recomienda hacer manualmente con la finalidad de no dañar el suelo y las plantas de mora; también se realiza, manualmente, la labor del metro alrededor de la planta cada cierto tiempo con la finalidad de eliminar malezas que compiten con el cultivo. En cuanto a la utilización de fungicidas para el control de enfermedades tales como *Botritis sp.*, *Oidium sp.* y *Peronospora*, se recomienda utilizar 28 kg ha⁻¹ año⁻¹ de fungicidas, entre preventivos y curativos de baja toxicidad, tales como: Caldo Bordelex, Topas, *Beauveria*, *Trichoderma*, los mismos que se utilizan alternadamente de acuerdo a la presencia de la enfermedad. Para el control de plagas del cultivo de mora se recomienda utilizar productos de baja toxicidad tales como Cipermetrina y Acarín, en no más de 18 l ha⁻¹ año⁻¹.

La mano de obra para la implementación del cultivo de la mora, en donde constan actividades como preparación del suelo, trazado, hoyado, plantación, hoyado para postes, tutorio, fertilización y controles fitosanitarios es de 54 jornales que son proporcionados por la mano de obra familiar. La mano de obra que demanda las labores culturales de mantenimiento del cultivo de mora, tales como: podas de renovación y poda cada mes, la cual se conoce como poda de producción, ya que

se realiza los cortes de las ramas que han terminado de producir, asciende a 45 jornales por hectárea por año. La cosecha es una labor muy importante que demanda la utilización de jornales contratados que se incrementa de acuerdo al incremento de la producción, para lo cual se utiliza 100 jornales que en su mayoría es familiar y los demás son contratados. Si el productor realiza todas estas labores lograría obtener rendimientos que oscilan entre 9000 y 18000 kg ha⁻¹ por año. Sin embargo, muchos de los productores solo utilizan parte de estas tecnologías en sus sistemas de producción.

Tabla 8. Maximización de los beneficios económicos de los sistemas de producción del cultivo de mora en dos ciclos de producción, con prácticas mejoradas por el INIAP. Cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Componentes del sistema | Unidad | Primer ciclo | Segundo ciclo |
|---|----------------------|--------------|---------------|
| X ₁ = Hectáreas de mora. | Ha | 0.98 | 0.98 |
| X ₂ = Consumo de mora de una familia. | kg año ⁻¹ | 68.00 | 68.00 |
| X ₃ = Fertilización de ingrediente activo de N para la implementación. | Kg | 9.80 | |
| X ₄ = Fertilización de ingrediente activo de P para la implementación. | Kg | 19.60 | |
| X ₅ = Fertilización de ingrediente activo de K para la implementación. | Kg | 9.80 | |
| X ₆ = Fertilización orgánica para la implementación. | Kg | 686.00 | |
| X ₇ = Plantas para la implementación. | Número | 1741 | |
| X ₈ = Fertilización de ingrediente activo de N para el mantenimiento. | Kg | 28.42 | 28.42 |
| X ₉ = Fertilización de ingrediente activo de P para el mantenimiento. | Kg | 25.48 | 25.48 |
| X ₁₀ = Fertilización de ingrediente activo de K para el mantenimiento. | Kg | 6.86 | 6.86 |
| X ₁₁ = Fungicidas de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 27.44 | 27.44 |
| X ₁₂ = Insecticidas de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 7.93 | 7.93 |
| X ₁₃ = Herbicidas de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 17.64 | 17.63 |
| X ₁₄ = Foliares de ingrediente activo para el mantenimiento. | Kg | 7.84 | 7.84 |
| X ₁₅ = Postes para el tutoreo. | Número | 490.00 | |
| X ₁₆ = Cantidad de alambre para tutoreo. | Kg | 78.40 | |
| X ₁₇ = Mano de obra para preparación de suelo. | Jornales | 3.13 | |
| X ₁₈ = Mano de obra para trazado de suelo. | Jornales | 1.96 | |
| X ₁₉ = Mano de obra para hoyado de suelo. | Jornales | 5.88 | |
| X ₂₀ = Mano de obra para plantación. | Jornales | 7.84 | |
| X ₂₁ = Mano de obra para tutoreo. | Jornales | 5.88 | |
| X ₂₂ = Mano de obra para hoyado para postes. | Jornales | 4.90 | |
| X ₂₃ = Mano de obra para la fertilización en la implementación. | Jornales | 2.28 | |
| X ₂₄ = Mano de obra para la fertilización en el mantenimiento. | Jornales | 3.49 | 3.49 |
| X ₂₅ = Mano de obra para controles fitosanitarios. | Jornales | 19.77 | 19.76 |
| X ₂₆ = Mano de obra para la aplicación de herbicidas. | Jornales | 2.62 | 2.62 |
| X ₂₇ = Mano de obra para poda. | Jornales | 29.40 | 29.40 |
| X ₂₈ = Mano de obra para deshierba. | Jornales | 14.70 | 14.70 |
| X ₂₉ = Mano de obra para cosecha. | Jornales | 81.34 | 120.54 |
| Maximización de Beneficios (Dólares por ciclo) | | 1661 | 5700 |

Fuente: Ormaza, 2019.

4.2.3. Maximización de los beneficios de los sistemas de producción de mora en el cantón Sigchos ante nuevas condiciones creadas

Dado que la producción de mora es una alternativa variable para el productor y su familia, debido principalmente a que el precio del kg de mora en el mercado es inestable, se creyó necesario realizar un análisis de sensibilidad, basado en el precio promedio del kilogramo que caracteriza al grupo de productores, esto es, USD 0.95 dólares, ya que este permitiría observar los beneficios económicos que recibirían los productores cuando el precio se vea incrementado y las pérdidas que sufrirían cuando el precio se vea reducido; es decir, se consideró que si la oferta es baja el coeficiente del precio promedio original de mora podría incrementarse un 25%, y si la oferta es alta

el coeficiente del precio original de mora podría disminuirse en un 25%, siendo los resultados que constan en la Tabla 9.

Tabla 9. Maximización de los beneficios en el sistema de producción de mora ante nuevos escenarios para los productores del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi-Ecuador, 2019.

| Ciclos | Precio en USD kg ⁻¹ de mora | | |
|--|--|-------|------|
| | 0.71 | 0.95* | 1.19 |
| Primer Ciclo (implementación y mantenimiento) | -49 | 1116 | 2334 |
| Segundo Ciclo (mantenimiento) | 2526 | 4271 | 6018 |

Fuente: Ormaza, 2019.

* Precio promedio en USD del kg de mora

En la Tabla 9 se aprecia que, al variar el precio del kg de la mora en los valores establecidos para este análisis, los modelos de optimización determinan que los máximos beneficios que pueden alcanzar los productores y sus familias tienen una tendencia lineal definida, es decir que a medida que se incrementa el precio de la mora los beneficios se incrementan y a medida que se disminuye el precio los beneficios disminuyen. En el caso del primer ciclo, cuando el precio se incrementó de USD 0.95 a USD 1.19 los beneficios se incrementaron en un 109%; en cambio, cuando el precio pasó de USD 0.95 a USD 0.71, los beneficios disminuyeron en un 104%. Para el caso del segundo ciclo, cuando el precio se incrementó de USD 0.95 a USD 1.19 los beneficios se incrementaron en un 142%; en cambio, cuando el precio disminuyó de USD 0.95 a USD 0.71 los beneficios disminuyeron en un 59%.

Por lo anteriormente señalado, a pesar de que el cultivo de mora puede ser rentable cuando las condiciones del precio en el mercado se establecen en valores mayores a USD 0.95, el productor corre riesgos muy grandes cuando el precio de la mora disminuye. También es relevante señalar que en el caso de los precios de la mora estos están afectados por la intervención de los intermediarios y se podría decir que ese 25% estimado en el incremento del precio al promedio que reciben, es la ganancia que se llevan los intermediarios.

5. CONCLUSIONES

En el cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, fueron establecidos dos grupos de hogares de productores de mora, los mismos que se diferencian principalmente porque son hogares con diferentes superficies, uso de crédito en los diferentes procesos del cultivo de mora y en las ventas a los diferentes intermediarios, sean estos minoristas, mayoristas o transportistas.

Se han establecido los procedimientos con implicación económica que utilizan los productores de mora en el cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi, así como los coeficientes técnicos para cada variable en estudio que forma parte del manejo de los sistemas de producción de mora, en base a la información primaria de 66 productores de mora del cantón y la información secundaria de las alternativas de producción generadas por el INIAP para el cultivo de mora.

Los productores, con las alternativas tecnológicas del INIAP, propuestas para maximizar los beneficios de los sistemas convencionales de producción de mora en los productores establecidos en el cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi: fertilización inorgánica en la implementación y mantenimiento del cultivo, la fertilización foliar en el mantenimiento, la utilización de fungicidas de baja toxicidad y de origen biológico, uso adecuado de las podas, así como también la optimización del uso de mano de obra para el manejo del cultivo en las labores culturales, incrementan los beneficios netos en comparación a los sistemas convencionales de producción, maximizando sus

beneficios en 1661 USD año⁻¹ en el ciclo de implementación y mantenimiento, y en 5700 USD año⁻¹ en el ciclo de mantenimiento (productividad).

Los modelos de optimización para nuevas condiciones creadas, como el caso de los precios, determinaron a manera de estrategia, que los máximos beneficios que pueden alcanzar los productores y sus familias tienen una tendencia lineal definida, es decir, cuando el precio sube, los beneficios también se incrementan y a medida que se reduce el precio, los beneficios también disminuyen. Para el caso del segundo ciclo, en donde se encuentra estabilizada la producción, cuando el precio se incrementó de USD 0.95 a USD 1.19 los beneficios se incrementaron en un 142%; en cambio, cuando el precio disminuyó de USD 0.95 a USD 0.71 los beneficios disminuyeron en un 59%; es decir que, los beneficios brutos de los hogares están influenciados por los precios que les pagan los intermediarios, sean estos minoristas, mayoristas o transportistas.

6. LITERATURA CITADA

- Aldenderfer, M. y Blashfield. 1984. *Cluster Analysis; Series: Quantitative Applications in the Social Science*. Beverly Hills. SAGE University Paper.
- Arévalo, R. 2018. *Optimización económica como estrategia para mejorar la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de mora de la provincia de Bolívar*. Tesis de Magíster en Economía y Administración Agrícola de la ESPOCH. Riobamba, Ecuador. 94 p.
- Barrera, V.; Alwang, J.; Andrango, G.; Domínguez, J.; Escudero, L. y Martínez, A. 2017. *Estudio de la cadena de valor de la mora en Ecuador*. INIAP. Editorial ABYA-YALA. Quito, Ecuador. pp.
- Barrera, V.; Alwang, J. y Cruz, E. 2010. *Experiencias en el manejo integrado de los recursos naturales en la subcuenca del río Chimbo, Ecuador*. INIAP–SANREM CRSP–SENACYT. Editorial Abya Yala. Quito, Ecuador. 316 pp.
- Barrera, V.; León-Velarde, C. y Grijalva, J. 2004. *Mejoramiento de los sistemas de producción de leche en la ecorregión andina del Ecuador*. In. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal. 2004. 12(2): 43-51.
- Barrera, V. y Grijalva, J. 2000. *Maximización de beneficios en el sistema de producción agropecuaria de pequeños productores del Carchi-Ecuador. Uso de un modelo de Optimización*. In. Cuadernos del Instituto Superior de Investigaciones Pecuarias. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Quito, Ecuador. Volumen 1, No.1, pp. 19-28.
- Estrada, D. 2002. *La programación lineal como herramienta para la construcción de modelos*. Seminario Análisis de Cuencas Hidrográficas (pág. 41). El Angel-Ecuador: MANRECUR.
- Everitt, B. 1993. *Cluster Analysis*. New York: Edward Arnold A Division of Hodder & Stoughton, Third Edition.
- GAD SIGCHOS. 2018. *Ubicación de Sigchos y estadísticas socio-económicas*. <http://gadmsigchos.gob.ec/pag2015/index.php/cantons/>
- Herforth, N.; Theuvsen, N.; Vásquez, W. y Wollni, M. 2015. *Understanding participation in modern supply chains under a social network perspective-evidence from blackberry farmers in the Ecuadorian Andes*. Global Food. February 2015, ISSN (2192-3248).
- Hillier, F. y Lieberman, G. 1991. *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Traducido de la Quinta Edición de inglés "Introduction to operation research. México DF.: Marcia González.
- Ilbay, M. 2011. *Optimización de los Sistemas de Producción de la Finca: Con Papa y Mora en las Provincias de Chimborazo y Tungurahua*. Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador. 162 pp.

- Inca, F. 2000. *Opciones bio-económicas para el mejoramiento de los sistemas de producción de las comunidades campesinas de Chimborazo*. Tesis de Grado Ingeniero Agrónomo. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 102 p.
- INEC. 2013. *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria, ESPAC, 2013*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, ([http://www.ecuadorencifras.gob.ec/ encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria/](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria/)). Consultado junio 2018.
- Núñez, R. 2008. *Optimización de los Modelos de Hogares Rurales con Base en las Formas de sustento en la Subcuenca del Río Chimbo, Provincia de Bolívar – Ecuador*. Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniera Agroforestal – Universidad Estatal del Bolívar. Guaranda-Ecuador. 97pp.
- Roveda, G., Cabra, L. y Ramírez, M. 2008. *Uso de microorganismos con potencial como biofertilizantes en el cultivo de mora*. Primera. Bogotá, D.C.: Produmedios, 2008. págs. 11 - 25. ISBN 978-958-8311-76-0.
- Rueda, G. 2002. *Optimización Económica de los Sistemas de Producción en el Alto Guanujo, Provincia de Bolívar, 2001*. Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario – Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí-Ecuador. 150 pp.
- Romesburg, C. 1990. *Cluster Analysis for Researchers*. Malabar: Robert E Kieger Publishing Company.
- Steel, R. y J. Torrie. 1960. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw.
- Ward, H. 1963. *Hierarchical Grouping to Optimize and Objective Function*. Journal of the American Statistical Association, 58,236-234, 301.
- Zárate, J. 2002. *Optimización de los Sistemas de Producción Mixtos: Cultivos-Ganadería en las Comunidades Campesinas de Molobog y Chuguín, Provincia de Cañar*. Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario – Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 96 pp.

Principales determinantes y estrategias que promueven la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua-Ecuador

1. ANTECEDENTES

Existen en el mundo más de 300 especies de mora, pero es posible que tan solo tengan valor comercial 9 de ellas que, básicamente, son del género *Rubus*. Se encuentran establecidas en casi todo el planeta, a excepción de las áreas secas. Según Franco y Giraldo (1999), la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) es nativa de zonas tropicales de América.

En el ámbito mundial, el 90% de la producción de mora se destina al procesamiento y el 10% se consume en fresco (Buzone, 2007). Es requerida en todos los mercados, en donde los principales exportadores son: México, España, Estados Unidos y Chile (Gómez *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2009); por ejemplo, en el año 2008, Estados Unidos exportó alrededor de 32403 t de mora, frambuesas y zarzamoras frescas y congeladas (Gómez *et al.*, 2006; Ruiz *et al.*, 2009); en cambio, el Ecuador, desde enero a septiembre de 2013, reporta 22.34 t divididas de la siguiente forma: 5.53 t a España; 7.14 t a Canadá y 9.67 t a Estados Unidos. En el año 2012, en cambio, se reporta un total de 18.73 t de fruta exportada; 17.95 t a España, 0.72 t a Canadá y 0.07 t a Estados Unidos. En cuanto a datos de importaciones de este rubro, no se reporta información oficial (BCE, 2013).

Según el INEC (2013), la superficie ocupada por el cultivo de mora era de 5247 ha y el rendimiento promedio de 2.59 t ha⁻¹. Esta información difiere sobremanera en relación a los datos reportados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), mismas que indican que al año 2015, los productores involucrados en mora ascendían a 5294, la superficie dedicada a mora alcanzaba a 5048 ha, con un rendimiento de 6.80 t ha⁻¹ (INIAP, 2016).

La mora se encuentra distribuida a lo largo de todo el callejón interandino, especialmente en las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Pichincha, Azuay, Imbabura y Carchi. La provincia con mayor producción es Bolívar, aportando 34209 t año⁻¹, lo que equivale al 39% de la producción nacional de la fruta. Esta provincia registra un rendimiento de 6.90 t ha⁻¹ (INIAP, 2016). La segunda provincia productora de mora es Tungurahua, aportando el 33% de la producción nacional. Además, esta provincia tiene un rendimiento de 8 t ha⁻¹ que es el mayor de todas las provincias productoras (INIAP, 2016).

Existen pocas investigaciones socio-económicas relacionadas con el cultivo de mora en Ecuador. Herforth *et al.* (2015), condujeron un estudio solamente para la provincia de Tungurahua, en este estudio se encontró que la producción y comercialización es importante para la mayoría de pequeños productores. El estudio de Herforth *et al.* (2015), concluye que existen muchas amenazas a lo largo de la cadena de valor de este cultivo; estas amenazas están relacionadas tanto con la producción, como con la demanda. En otro estudio realizado por el INIAP en el 2016, para las principales zonas productoras de mora en Ecuador, también se concluye que la problemática de la cadena de valor de la mora, pasa por problemas en la producción y en la comercialización y se enfatiza la urgencia de entender las características y las estrategias de vida de los productores, así como establecer las principales determinantes y estrategias que promuevan la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua.

El estudio realizado por el INIAP en 2016, muestra que el rendimiento promedio para la provincia de Tungurahua es de 7.29 t ha⁻¹, el cual se considera bajo comparado con la cantidad de recursos económicos que se utilizan por hectárea que son de USD 3120 por año. Según investigaciones desarrolladas por el Programa Nacional de Fruticultura del INIAP, y huertos de productores de mora con tecnologías del INIAP, con esa inversión de recursos y con una aplicación adecuada de la tecnología generada por el INIAP se podría obtener rendimientos entre 10 a 12 t ha⁻¹, que representarían un aumento de los volúmenes de producción de hasta un 65%.

En la provincia de Tungurahua, se desconoce el manejo agronómico que realizan los productores de los sistemas de producción de mora, lo que posiblemente ha generado pérdidas por la calidad y cantidad producida; sumada una comercialización inadecuada que conlleva a bajas rentabilidades para los productores. Estos problemas de producción acarrearán a tomar decisiones de invertir o no en la tecnología que optimice la productividad del cultivo en base a los recursos que disponen. No se debe olvidar que la producción de mora, tanto para el mercado nacional, así como para el internacional, requiere de la implementación de prácticas acordes al manejo racional de los recursos naturales, la inocuidad de los productos frescos y procesados que garanticen su calidad, y que permitan que el cultivo sea económicamente rentable para los productores y posibilite la incorporación de las nuevas tecnologías generadas para la producción integrada del cultivo de mora.

Ante esta realidad el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en coordinación con la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), realizaron este estudio para promover la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de mora de la provincia de Tungurahua, a través de la identificación de los principales factores que afectan o promueven la productividad de la mora, mediante el empleo de modelos econométricos como el de Mínimos Cuadrados en Dos Etapas o Mínimos Cuadrados Dietápicos (2SLS o TSL). Basados en esta información, se pudo definir las principales estrategias que promuevan beneficios productivos y económicos en los productores de mora en la provincia de Tungurahua.

2. OBJETIVOS

2.1. General

- Establecer las principales determinantes y estrategias que promuevan la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua.

2.2. Específicos

- Caracterizar y tipificar a los productores de mora en la provincia de Tungurahua a través del método multivariado.
- Identificar los factores que afectan y promueven la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua mediante el empleo de modelos econométricos.
- Definir las principales estrategias que promuevan beneficios productivos y económicos en los productores de mora en la provincia de Tungurahua para contribuir al mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de mora.

3. METODOLOGÍA

3.1. Características generales del área en estudio

El estudio se realizó en la provincia de Tungurahua, que está ubicada en la Sierra Centro del Ecuador con una superficie de 3335 km². La provincia de Tungurahua cuenta con una población de 447017 habitantes dedicados a diferentes actividades productivas, pero en especial a la agricultura con 204000 hectáreas de tierra utilizadas para esta actividad, lo cual equivale al 13% del total de la Región 3 y el 2% del total del país. En relación con la estructura de las Unidades Productivas Agropecuarias (UPAs), el 99% de las fincas en la provincia pertenecen a pequeños productores (70498 UPAs) y ocupan el 44% de la superficie con uso agropecuario (89239 ha) (HGPT, 2015).

Los principales cultivos perennes en monocultivo de la provincia de Tungurahua son: tomate de árbol, mora, manzana, claudia, pera y durazno, y dentro de esta clasificación se destaca el cultivo de la mora con un total de 1390 hectáreas plantadas por 1920 agricultores de los cantones Ambato, Baños, Cevallos, Mocha, Patate, Pelileo, Píllaro y Tisaleo (INIAP, 2016).

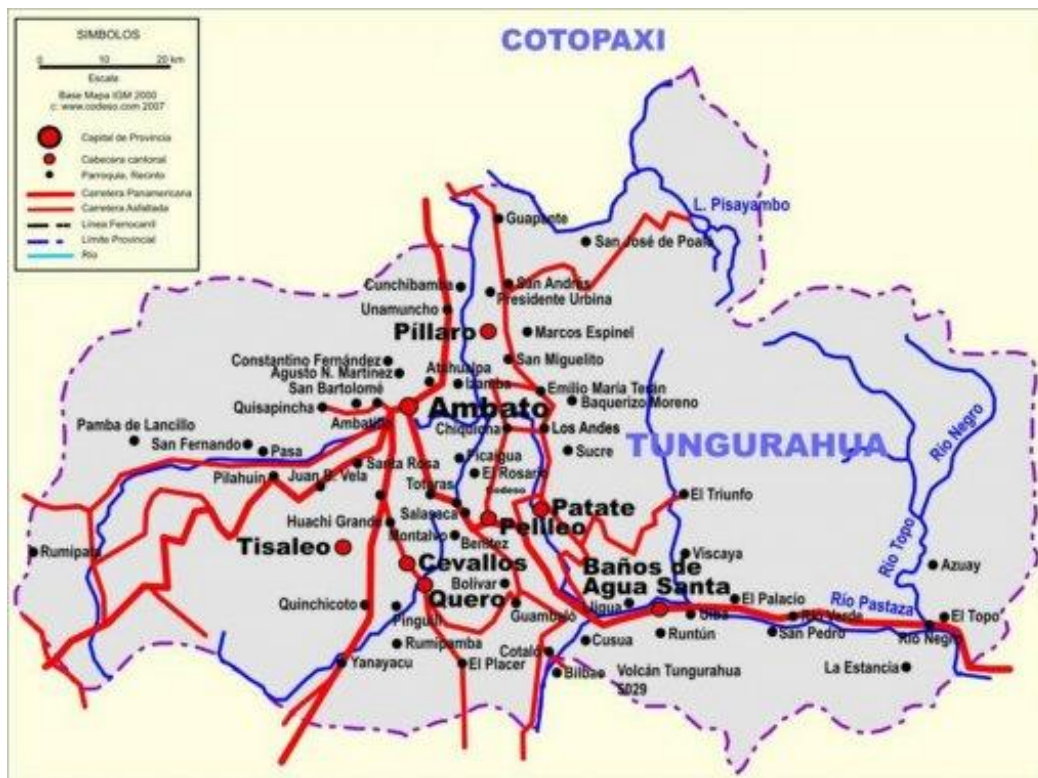


Figura 1. División Política de la provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

Geográficamente la provincia se localiza en los hemisferios Sur y Occidental del planeta, comprendida entre los paralelos $00^{\circ} 55' 00''$ S y $01^{\circ} 35' 00''$ y los meridianos $78^{\circ} 06' 51''$ y $78^{\circ} 55' 49''$. Los límites de la provincia Tungurahua son: Norte (provincias de Cotopaxi y Napo), Sur (provincias de Chimborazo y Morona Santiago), Este (provincias de Pastaza y Napo) y Oeste (provincias de Cotopaxi y Bolívar) (HGPT, 2015).

3.2. Métodos

La metodología utilizada para cumplir con los objetivos de la investigación fue de tipo socioeconómico experimental, empleando el método inductivo-deductivo para recabar información primaria y secundaria que se interpretaron y analizaron como datos cuantitativos y cualitativos; evaluando factores que influyen en la productividad del cultivo de mora para luego por medio de los modelos econométricos variar las variables independientes para analizar las consecuencias de esa variación sobre la variable dependiente productividad del cultivo de mora en una situación de control para el investigador (Hernández, 1997). El tipo de diseño utilizado fue transversal porque los datos recabados para la investigación fueron tomados por una sola ocasión entre agosto del 2015 a marzo del 2016.

La investigación tuvo un alcance descriptivo, correlacional y explicativo. Primeramente, se describen las variables del objeto de estudio mediante la caracterización de los productores de mora del momento en que se realiza el estudio. Luego se correlacionó las variables para buscar la relación causal entre ellas que permitan identificar las consecuencias de su relación al momento de variar un factor. Todo este proceso permitió explicar el funcionamiento de la productividad del rubro mora en la provincia Tungurahua. Los procedimientos metodológicos seguidos en la realización del presente estudio se describen a continuación:

En esta investigación se utilizaron dos modelos: 1) uno basado en un método cuantitativo de grupos o tipificación, y 2) un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios "MCO" u "OLS". El primero es para clasificar los productores de acuerdo a su forma de vida y el segundo para explicar las determinantes que afectan la productividad.

3.2.1. Método para tipificar los hogares que producen mora

Para tipificar los hogares que producen mora en la provincia de Tungurahua, se utilizó el método multivariado -análisis de componentes principales y análisis de conglomerados-. Para ello, se dispuso de las bases de datos que contenía información de 147 productores de mora, recopilada durante los meses de agosto a octubre 2015. Las variables utilizadas en el estudio tenían relación con la propiedad y uso de la tierra, y la productividad, comercialización e ingresos y egresos económicos para la producción de mora (Tabla 1).

Tabla 1. Variables utilizadas en la tipificación de los hogares productores de mora en la provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variables en estudio | \bar{x} | s |
|---|-----------|---------|
| V ₁ = Edad del jefe del hogar (años) | 51.59 | 14.5 |
| V ₂ = Escolaridad del jefe de hogar (años) | 7.18 | 3.81 |
| V ₃ = Hogares con jefe de hogar hombres (%) | 77.55 | |
| V ₄ = Días en la semana que trabaja en la producción de mora | 3.35 | 1.49 |
| V ₅ = Superficie del lote de mora (ha) | 0.29 | 0.18 |
| V ₆ = Hogares que disponen de agua para riego (%) | 71.43 | |
| V ₇ = Rendimiento de mora (kg ha ⁻¹) | 7292 | 1270 |
| V ₈ = Experiencia como productor de mora (años) | 14.76 | 12.61 |
| V ₉ = Superficie que tiene sembrado con mora de castilla (%) | 73.46 | 36.33 |
| V ₁₀ = Producción de mora en los meses de mayor producción (kg) | 1153.70 | 657.33 |
| V ₁₁ = Producción de mora en los meses de menor producción (kg) | 694.63 | 401.32 |
| V ₁₂ = Beneficios netos (USD ha ⁻¹) | 6489.30 | 2987.90 |
| V ₁₃ = Porcentaje de mora que vendió al intermediario minorista | 43.54 | 49.75 |
| V ₁₄ = Porcentaje de mora que vendió al intermediario mayorista | 35.37 | 47.62 |
| V ₁₅ = Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista | 9.18 | 28.68 |
| V ₁₆ = Años que ha estado vendiendo al intermediario minorista | 2.95 | 6.30 |
| V ₁₇ = Años que ha estado vendiendo al intermediario mayorista | 2.31 | 4.42 |
| V ₁₈ = Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista | 0.64 | 2.44 |
| V ₁₉ = Costo del transporte de mora durante todo el año (USD año ⁻¹) | 36.60 | 21.96 |
| V ₂₀ = Porcentaje de hogares que controlan la calidad de la fruta | 2.04 | |
| V ₂₁ = Porcentaje de hogares que cosechan mora en el envase de venta | 96.6 | |
| V ₂₂ = Porcentaje de hogares que recibieron créditos | 46.94 | |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

3.2.1.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El ACP estandariza las variables bajo la forma de Z-scores, asignándoles media = 0 y desviación estándar = 1 (Romesburg, 1990). La estandarización se realizó usando la siguiente expresión:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{\sigma_j}$$

en donde: Z_{ij} = valores individuales, x_{ij} = valor de la variable en análisis, y μ_j y σ_j = media y desviación estándar ($i = 1, \dots, 147$ hogares) de las variables ($j = 1, \dots, 22$).

3.2.1.2. Método de conglomerados

El método de conglomerados se basa en la teoría de que información con similares características estadísticas puede agruparse y diferenciarse con aquellas que presenten otro tipo de tendencias (Aldenderfer y Blashfield, 1984). Este análisis se ejecuta en cuatro pasos:

Paso 1: Selección de una medida de distancia

La medida de distancia para este análisis fue la Distancia Euclidiana Ajustada (DEA) (Everitt, 1993). Para calcular los coeficientes de la DEA entre pares de hogares, se eliminó el efecto -positivo o negativo- sobre la dirección del coeficiente de la distancia.

Paso 2: Selección de un algoritmo de conglomerados

El método utilizado fue el de Ward o método de mínima varianza, porque permite reducir al mínimo la varianza dentro de los grupos y agrupa los hogares o el grupo de hogares con el menor error (Ward, 1963).

Paso 3: Determinación del número de conglomerados

El algoritmo de Ward realizó combinaciones cuando los hogares se agruparon en conglomerados o grupos únicos basado en la DEA. La suma de cuadrados del error se calculó de la siguiente manera:

$$\sum e^2 = \sum_{i=1}^I (Z_{ij} - \mu_j)^2$$

donde: μ_j = media de cada grupo a través de la j -ésima variable, e I = número de hogares en cada grupo.

Paso 4: Validación del análisis

Se validó el análisis a través del modelo matemático del Diseño Completamente al Azar (Steele y Torrie, 1960), tal como se muestra a continuación:

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = Observación del tratamiento i en la observación j

μ = Media general

T_i = Efecto del tratamiento i

ε_{ij} = Error residual del tratamiento i y la observación j

La hipótesis nula es H_0 : Grupo 1 = Grupo 2 = Grupo 3, y la hipótesis alternativa es H_A : Grupo 1 \neq Grupo 2 \neq Grupo 3.

3.2.2. Método para determinar los factores que afectan o promueven la productividad

3.2.2.1. Variables a utilizar en el modelo econométrico

El estudio analizó los factores que determinan la productividad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua, basado en un conjunto de datos de encuestas transversales que se recogieron entre agosto a octubre del 2015 de los productores dedicados a esta actividad.

Variable dependiente.- La variable dependiente es la productividad del cultivo de mora medida en kilogramos por hectárea.

Variables independientes.- Las variables independientes o explicativas son los factores socio-económicos y agronómicos que determinan el incremento o decremento de la productividad del cultivo. Las variables explicativas de este estudio incluyeron las características del hogar, tales como la educación, el género, la edad del cabeza de familia, acceso a crédito, costos de producción, años de experiencia en el cultivo de mora, capacitación, crédito, entre otras (Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de las variables independientes que se utilizaron en el modelo econométrico para definir las determinantes de la productividad en los hogares productores de mora en la provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variables Independientes (explicativas) | Descripción |
|--|---|
| X ₁ = Altitud en msnm | Continua |
| X ₂ = Años del jefe del hogar | Continua |
| X ₃ = Años de educación del jefe del hogar | Continua |
| X ₄ = Sexo masculino del jefe del hogar | Discreta: 1= hombre y 0= mujer |
| X ₅ = Días en la semana que trabaja en la mora | Continua |
| X ₆ = Disponen de agua de riego | Discreta: 1= si disponen y 0= no disponen |
| X ₇ = Años de experiencia como productor | Continua |
| X ₈ = Edad del cultivo de mora en años | Continua |
| X ₉ = Número de plantas por hectárea | Continua |
| X ₁₀ = Problemas de plagas en el cultivo de mora | Discreta: 1= tienen y 0= no tienen |
| X ₁₁ = Costos de producción en USD ha ⁻¹ | Continua |
| X ₁₂ = Reciben crédito para producir mora | Discreta: 1= si reciben y 0= no reciben |
| X ₁₃ = Reciben capacitación en mora | Discreta: 1= si reciben y 0= no reciben |
| X ₁₄ = Reciben asistencia técnica en mora | Discreta: 1= si reciben y 0= no reciben |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

3.2.2.2. Modelo econométrico empírico

En este estudio los datos se componen de 147 observaciones (hogares productores de mora de la provincia de Tungurahua). Cada observación incluye una respuesta y escalar y un vector de regresores o predictores (González, 2010). En este modelo de regresión lineal múltiple la variable de respuesta es una función lineal de X variables explicativas (Tabla 2): $\beta\epsilon_i$, donde β es un vector de parámetros desconocidos $X \times 1$; ϵ_i es un escalar de variables no observadas aleatorias (errores) que dan cuenta de la discrepancia entre la realidad observada y_i y los "resultados previstos" $X'_i\beta$, y denota la matriz transpuesta, de modo que $X'_i\beta$ es el producto escalar entre los vectores X y el β (Little y Hills, 1979; González, 2010).

El modelo de regresión lineal múltiple propuesto en este estudio es el siguiente:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} + \beta_{13} X_{13} + \beta_{14} X_{14}$$

Donde:

Y= Variable dependiente, productividad del cultivo de mora medida en kg ha⁻¹

X_i= Variables independientes o explicativas que se muestran en la Tabla 2.

B_i= Coeficientes del modelo β_i que fueron calculados por el programa estadístico

Está claro que para ajustar el modelo la variable de respuesta debe ser numérica. Sin embargo, aunque pueda parecer extraño no tienen por qué serlo las variables explicativas. Por ello, en este modelo se han utilizado predictores categóricos mediante la introducción de variables indicadoras, también denominadas Dummy (Wooldrige, 2013). Las variables dicotómicas o discretas que constan en la Tabla 2 se codificaron como 0 ó 1.

La hipótesis nula es que la variable de respuesta no está influenciada por las variables independientes. Dicho de otro modo, la variabilidad observada en las respuestas, son causadas por el azar, sin influencia de las variables independientes. La hipótesis alternativa es que hay algún tipo de influencia de las variables independientes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2. Estrategias de medios de vida que diferencian a los grupos de hogares que producen mora

4.2.1. Análisis de Componentes Principales

En la Tabla 3 se puede observar el porcentaje de la varianza que cada variable aporta para la conformación de los factores (Comunalidad). En este estudio, la mayoría de las variables contribuyeron con un buen porcentaje de la varianza; sin embargo, las variables V3 (Hogares con jefe de hogar hombres en %) y V9 (Superficie que tiene sembrado con mora de castilla en %), no fueron un buen aporte para la determinación de los componentes principales, ya que se esperaba que al menos cada variable contribuya con un 50% de la Comunalidad (0.50).

Tabla 3. Comunalidad, varianza y porcentaje de la varianza explicada por los factores encontrados en el Análisis de Componentes Principales. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Componente | Comunalidad | Eigenvalue | % de Varianza | % de Varianza Acumulada |
|------------|-------------|------------|---------------|-------------------------|
| 1 | 0.732 | 3.40 | 15.43 | 15.43 |
| 2 | 0.734 | 3.07 | 13.96 | 29.39 |
| 3 | 0.469 | 2.69 | 12.22 | 41.62 |
| 4 | 0.622 | 1.51 | 6.88 | 48.50 |
| 5 | 0.847 | 1.45 | 6.59 | 55.09 |
| 6 | 0.719 | 1.25 | 5.67 | 60.75 |
| 7 | 0.799 | 1.19 | 5.40 | 66.15 |
| 8 | 0.758 | 1.05 | 4.79 | 70.94 |
| 9 | 0.498 | 1.00 | 4.56 | 75.49 |
| 10 | 0.836 | | | |
| 11 | 0.826 | | | |
| 12 | 0.716 | | | |
| 13 | 0.823 | | | |
| 14 | 0.881 | | | |
| 15 | 0.857 | | | |
| 16 | 0.680 | | | |
| 17 | 0.712 | | | |
| 18 | 0.837 | | | |
| 19 | 0.851 | | | |
| 20 | 0.848 | | | |
| 21 | 0.719 | | | |
| 22 | 0.846 | | | |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

La Tabla 3 muestra la varianza multivariada (Eigenvalue), que representa el peso de cada factor. Las 22 variables en análisis se aglomeraron en 9 factores o componentes, los mismos que representan el 75.49% de la varianza acumulada.

En la Figura 2 se enfatiza el porcentaje de la varianza multivariada de los dos primeros componentes, con un valor del 29.39%, y se aprecia las variables que están correlacionadas, y que corresponden al componente de producción y comercialización de la mora (Tabla 4).

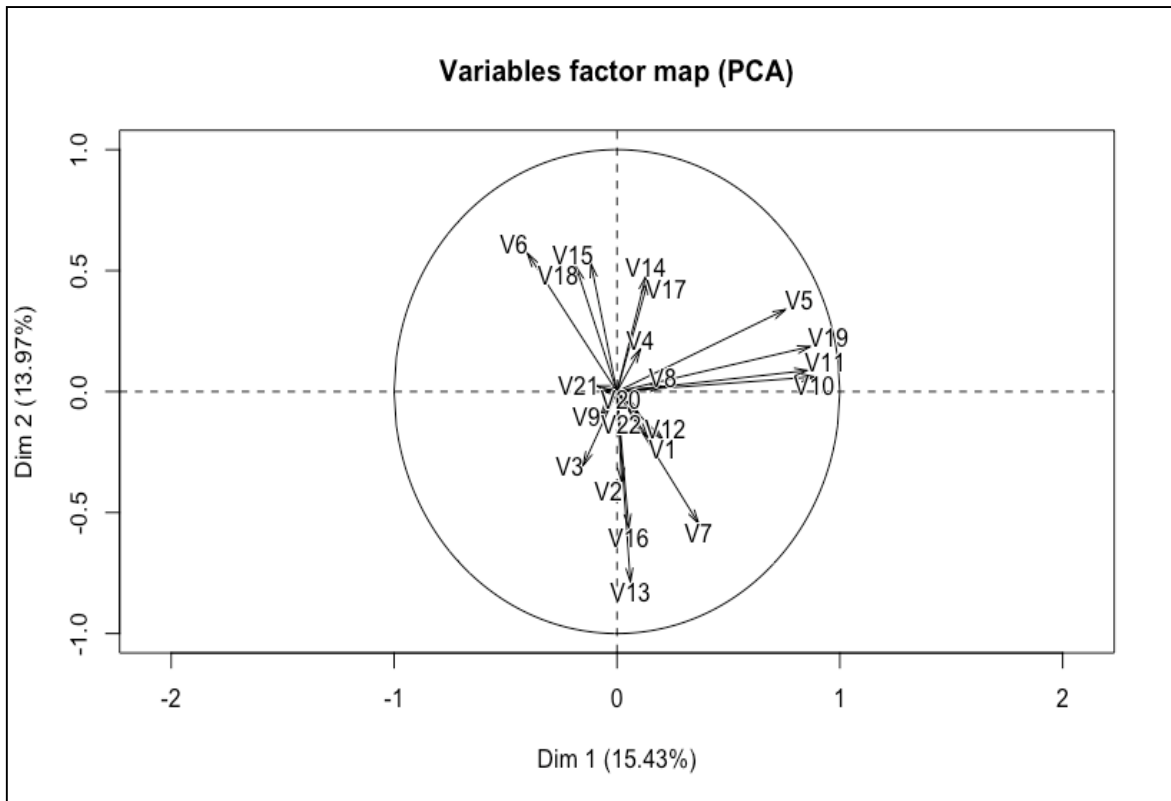


Figura 2. Porcentaje de varianza multivariada de las variables analizadas, en los dos primeros componentes principales. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

La distribución de los productores en los tres grupos establecidos, se muestran en la Figura 3, basada únicamente en los tres primeros componentes principales, con un 41.62% de la varianza multivariada.

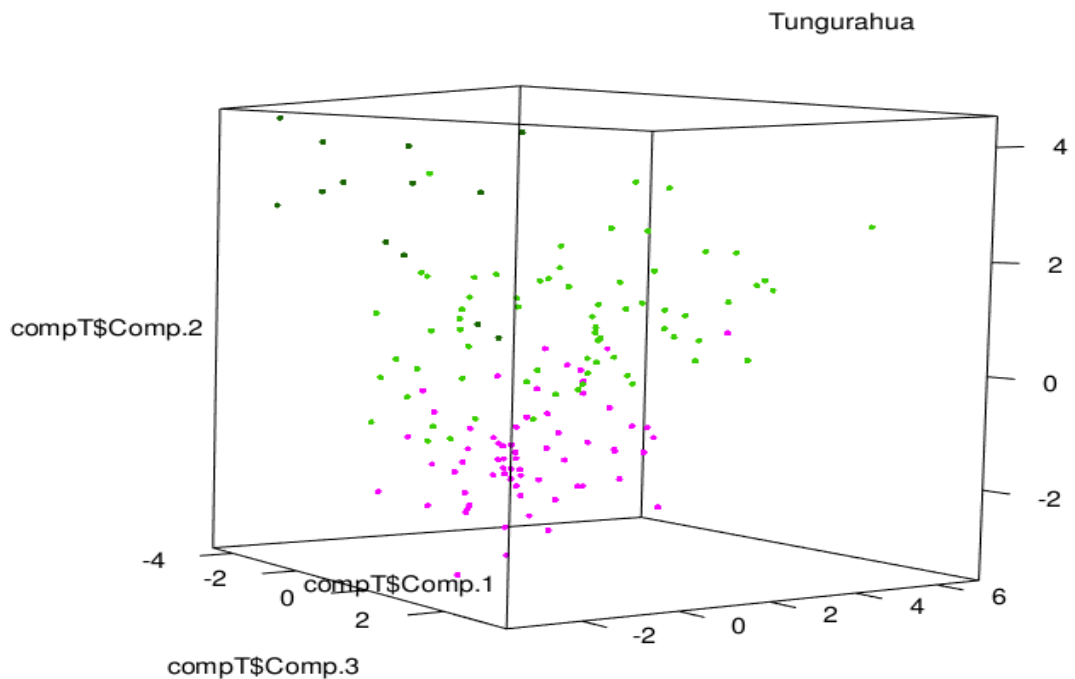


Figura 3. Distribución de grupos de productores con tres componentes principales. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

La Tabla 4 muestra la matriz de correlación entre las variables estandarizadas versus cada uno de los componentes principales en los que se agruparon. El criterio que se utiliza para conjugar las variables en un componente es el que se usa para el análisis de correlación, siendo el valor máximo 1, que representa una correlación significativa o altamente significativa.

Tabla 4. Matriz de Componentes Principales o Factores extraídos de las 22 variables seleccionadas. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variable | Componentes | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| V ₁ | 0.207 | -0.198 | -0.533 | 0.383 | 0.347 | 0.047 | -0.151 | -0.094 | 0.254 |
| V ₂ | 0.022 | -0.373 | 0.360 | -0.246 | -0.173 | -0.251 | 0.009 | 0.526 | -0.185 |
| V ₃ | -0.151 | -0.307 | 0.150 | 0.037 | -0.469 | 0.013 | 0.086 | 0.040 | 0.314 |
| V ₄ | 0.106 | 0.177 | -0.109 | -0.030 | -0.017 | 0.588 | 0.335 | -0.276 | 0.180 |
| V ₅ | 0.758 | 0.341 | 0.243 | 0.265 | -0.086 | -0.051 | -0.004 | -0.114 | 0.067 |
| V ₆ | -0.403 | 0.571 | 0.356 | 0.176 | -0.215 | 0.041 | -0.056 | -0.105 | 0.100 |
| V ₇ | 0.367 | -0.545 | -0.186 | -0.437 | 0.322 | 0.045 | -0.142 | -0.121 | -0.027 |
| V ₈ | 0.205 | 0.022 | -0.355 | 0.506 | 0.137 | 0.175 | -0.252 | 0.460 | -0.092 |
| V ₉ | -0.076 | -0.105 | -0.400 | 0.169 | 0.344 | 0.038 | 0.270 | 0.263 | 0.174 |
| V ₁₀ | 0.886 | 0.063 | 0.172 | -0.076 | -0.038 | 0.000 | 0.069 | 0.016 | -0.076 |
| V ₁₁ | 0.854 | 0.089 | 0.236 | -0.037 | -0.042 | -0.056 | 0.079 | 0.118 | -0.079 |
| V ₁₂ | 0.137 | -0.188 | 0.058 | -0.594 | 0.318 | 0.408 | -0.137 | 0.105 | 0.094 |
| V ₁₃ | 0.063 | -0.787 | 0.375 | 0.120 | -0.113 | 0.090 | -0.024 | -0.088 | 0.126 |
| V ₁₄ | 0.128 | 0.476 | -0.659 | -0.288 | -0.275 | -0.043 | -0.125 | 0.154 | -0.055 |
| V ₁₅ | -0.118 | 0.530 | 0.597 | 0.001 | 0.394 | 0.020 | -0.063 | 0.170 | 0.129 |
| V ₁₆ | 0.055 | -0.563 | 0.173 | 0.450 | -0.093 | 0.208 | -0.225 | 0.153 | -0.036 |
| V ₁₇ | 0.139 | 0.459 | -0.593 | -0.125 | -0.251 | 0.000 | -0.118 | 0.172 | 0.084 |
| V ₁₈ | -0.184 | 0.517 | 0.537 | -0.022 | 0.378 | 0.177 | -0.097 | 0.237 | 0.086 |
| V ₁₉ | 0.867 | 0.188 | 0.168 | 0.110 | -0.025 | -0.053 | -0.017 | -0.125 | 0.063 |
| V ₂₀ | -0.063 | 0.004 | -0.095 | 0.187 | 0.241 | 0.009 | 0.642 | -0.022 | -0.574 |
| V ₂₁ | -0.090 | 0.023 | -0.039 | 0.047 | 0.375 | -0.565 | -0.344 | -0.349 | -0.076 |
| V ₂₂ | 0.102 | -0.096 | -0.070 | -0.055 | 0.152 | -0.468 | 0.480 | 0.193 | 0.555 |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Respecto de los componentes encontrados se puede indicar que en el caso del componente 1 (Tabla 4), éste presentó el mayor peso con un valor de 3.40 (Tabla 3), y estuvo relacionado con la producción y con el costo del transporte de mora, en donde estaban correlacionadas las siguientes variables: V₅ (Superficie del lote de mora en ha), V₁₀ (Producción de mora en los meses de mayor producción en kg), V₁₁ (Producción de mora en los meses de menor producción en kg), y V₁₉ (Costo del transporte de mora durante todo el año en USD año⁻¹).

4.2.2. Análisis de definición de los grupos de hogares

Para obtener los grupos de hogares o clúster, se utilizaron las nuevas 9 variables o factores encontrados con el Análisis de Componentes Principales. Los clústers obtenidos se reportan en la Tabla 5.

Tabla 5. Grupos de hogares obtenidos a través del Análisis de Clúster extraídos de las siete nuevas variables o factores. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Grupos de Hogares | | |
|--|---|--|
| 1 (30% de hogares) | 2 (58% de hogares) | 3 (12% de hogares) |
| Hogares liderados en su mayoría por hombres, con más disponibilidad de agua de riego y con ventas a los intermediarios mayoristas. | Hogares liderados por hombres y mujeres, con disponibilidad de agua de riego intermedia y con ventas a intermediarios minoristas. | Hogares liderados solamente por hombres, con menor disponibilidad de agua de riego y con ventas a los intermediarios transportistas. |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

El análisis de clúster determinó tres grupos de hogares localizados en la provincia Tungurahua y distribuidos de la siguiente manera: Grupo 1, 30% de los hogares, Grupo 2, 58% de los hogares y Grupo 3, 12% de los hogares. Para la denominación específica de los grupos de hogares se tomaron en consideración variables como el sexo del responsable del hogar, la disponibilidad de agua de riego y la comercialización de la mora (Tabla 4).

4.2.3. Confiabilidad de la diferencia entre grupos

En la Tabla 6 se muestran los valores de *F calculados* y la significación o probabilidad de variables que se seleccionaron para definir los grupos de hogares que producen mora; estos valores muestran que a excepción de las variables V_1 , V_2 , V_4 , V_5 , V_7 , V_8 , V_9 , V_{11} , V_{12} y V_{19} , el resto de las variables en el análisis mostraron diferencias estadísticas al nivel del 1% y 5% de probabilidad, entre las medias aritméticas de los tres tipos de hogares establecidos; es decir, cada grupo de hogares es diferente y presenta sus propias características.

Tabla 6. Estadísticas que definen los modelos de hogares que producen mora. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| VARIABLES EN ESTUDIO | Fc. | Sig. |
|---|--------|---------|
| V_1 = Años de edad del jefe del hogar | 0.52 | 0.598ns |
| V_2 = Años de escolaridad del jefe de hogar | 2.35 | 0.100ns |
| V_4 = Días en la semana que trabaja en la producción de mora | 0.05 | 0.948ns |
| V_5 = Superficie del lote de mora en hectáreas | 0.50 | 0.606ns |
| V_7 = Rendimiento de mora en kg por unidad de superficie | 0.91 | 0.403ns |
| V_8 = Años de experiencia como productor de mora | 1.20 | 0.305ns |
| V_9 = Porcentaje de la superficie que tiene sembrado con mora de castilla | 1.21 | 0.303ns |
| V_{10} = Producción de mora en kg en los meses de mayor producción | 3.66 | 0.028* |
| V_{11} = Producción de mora en kg en los meses de menor producción | 1.69 | 0.187ns |
| V_{12} = Costo total de producción en dólares por unidad de superficie | 0.09 | 0.918ns |
| V_{13} = Porcentaje de mora que vendió al intermediario minorista | 74.25 | 0.000** |
| V_{14} = Porcentaje de mora que vendió al intermediario mayorista | 202.27 | 0.000** |
| V_{15} = Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista | 39.51 | 0.000** |
| V_{16} = Años que ha estado vendiendo al intermediario minorista | 13.14 | 0.000** |
| V_{17} = Años que ha estado vendiendo al intermediario mayorista | 38.11 | 0.000** |
| V_{18} = Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista | 38.32 | 0.000** |
| V_{19} = Costo en dólares del transporte de mora durante todo el año | 1.15 | 0.318ns |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

Fc.= F calculado; Sig.= Significación estadística.

ns= no significativo; * Significativo al 5%; ** Significativo al 1%.

4.2.4. Estrategias de los medios de vida de los grupos establecidos

En la Tabla 7 se puede apreciar los promedios de las variables que caracterizan las estrategias de los medios de vida de los hogares que producen mora en la provincia de Tungurahua.

Grupo 1: Hogares liderados en su mayoría por hombres, con más disponibilidad de agua de riego y con ventas a los intermediarios mayoristas

Este grupo se caracteriza por estar conformado por cuatro personas como miembros de familia, en promedio. El hombre es el responsable del manejo del hogar en el 86% de los casos, cuyo nivel de escolaridad es de 6.34 años de estudio en promedio. La edad responsable del hogar en promedio es 53 años. Apenas el 7% de los responsables de hogar hablan kichwa. Este grupo dispone de una superficie de 0.30 ha de mora, en promedio, y corresponde al de más alta superficie. La mayoría de hogares de este grupo dispone de agua para riego (81.80%), lo cual posibilita a la mayoría de productores su aprovechamiento en la producción de la mora. Los productores de este grupo trabajan en el cultivo de mora 3.36 días por semana y tienen una experiencia de 17 años en el manejo de la mora. Los Beneficios Netos ascienden a USD 6602 dólares por hectárea y por año, debido a la productividad de 7422 kg ha⁻¹, y el precio de 1.31 USD kg⁻¹. El 80% de los productores cultivan la variedad mora de castilla. El 100% de los productores realizan la cosecha de la mora en canastos, baldes y tarrinas; no disponen de ninguna alternativa tecnológica en el ámbito agronómico que permita mejorar la calidad de la fruta. El 55% de los hogares recibió crédito, mismo que se destinó al mejoramiento del cultivo de mora. Se debe enfatizar que el 98% de los productores de este grupo comercializa con los intermediarios mayoristas, a los cuales les venden desde hace 6.27 años en promedio (Tabla 7).

Grupo 2: Hogares liderados por hombres y mujeres, con disponibilidad de agua de riego intermedia y con ventas a intermediarios minoristas

Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia un promedio de tres personas. En este grupo, la participación del hombre como responsable del manejo del hogar es del 69%, mismo que posee un nivel educativo de 8 años de estudio en promedio. La edad promedio del responsable del hogar es de 52 años. Los responsables de los hogares que hablan kichwa en este grupo es el más bajo de los grupos con un 4%. Este grupo de hogares reporta una superficie intermedia dedicada al cultivo de mora con 0.29 ha en relación al resto de grupos que producen mora en Tungurahua. En este grupo, el 70% de los hogares disponen de agua de riego. Los productores de este grupo trabajan en el cultivo de mora 3.36 días por semana y tienen una experiencia de 14 años en el manejo de la mora. Los Beneficios Netos ascienden a USD 6403 dólares por hectárea y por año, debido a la productividad de 7292 kg ha⁻¹, y el precio de 1.32 USD kg⁻¹. El 80% de los productores cultivan la variedad mora de castilla. El 100% de los productores realizan la cosecha de la mora en canastos, baldes y tarrinas; no disponen de ninguna alternativa tecnológica en el ámbito agronómico que permita mejorar la calidad de la fruta. El 42% de los hogares recibió crédito, mismo que se destinó al mejoramiento del cultivo de mora. Se debe enfatizar que el 73% de los productores de este grupo comercializa con los intermediarios minoristas, a los cuales les venden desde hace 5.02 años en promedio (Tabla 7).

Grupo 3: Hogares liderados solamente por hombres, con menor disponibilidad de agua de riego y con ventas a los intermediarios transportistas

Los hogares de este grupo se caracterizan por poseer como miembros de familia un promedio de cuatro personas. En este grupo, se prioriza la participación del hombre como responsable del manejo del hogar (100%), mismo que posee un nivel educativo de 6.47 años de estudio en promedio. La edad promedio del responsable del hogar es de 48 años. Los responsables de los hogares que hablan kichwa en este grupo es un 6%. Este grupo de hogares reporta la superficie más baja dedicada al cultivo de mora con 0.25 ha en relación al resto de grupos que producen mora en Tungurahua. En este grupo se reporta el más bajo porcentaje de hogares que disponen de agua de riego (53%), lo cual posiblemente esté promoviendo una menor producción de mora; este grupo

presenta la más baja producción de mora a nivel de la provincia. Los productores de este grupo trabajan en el cultivo de mora 3.24 días por semana y tienen una experiencia de 13 años en el manejo de la mora. Los Beneficios Netos ascienden a USD 6634 dólares por hectárea y por año, debido a la productividad de 6932 kg ha⁻¹, y el precio de 1.41 USD kg⁻¹. El 74% de los productores cultivan la variedad mora de castilla. El 71% de los productores realizan la cosecha de la mora en canastos, baldes y tarrinas; no disponen de ninguna alternativa tecnológica en el ámbito agronómico que permita mejorar la calidad de la fruta. El 53% de los hogares recibió crédito, mismo que se destinó al mejoramiento del cultivo de mora. Se debe enfatizar que el 56% de los productores de este grupo comercializa con los intermediarios transportistas, a los cuales les venden desde hace 4.59 años en promedio (Tabla 7).

Tabla 7. Promedios de las variables que caracterizan los grupos de hogares productores de mora en la provincia de Tungurahua, 2019.

| Variables en estudio | Grupo | Grupo | Grupo |
|--|---------|---------|---------|
| | 1 | 2 | 3 |
| | 30% | 58% | 12% |
| Porcentaje de hogares que hablan kichwa | 6.80 | 3.50 | 5.90 |
| Total de miembros de la familia | 3.73 | 3.45 | 4.29 |
| Sexo del responsable del hogar (% hombres) | 86.40 | 68.60 | 100.00 |
| Sexo del responsable del hogar (% mujeres) | 13.60 | 31.40 | 0.00 |
| Años de edad del jefe del hogar | 52.68 | 51.65 | 48.47 |
| Años de escolaridad del jefe de hogar | 6.34 | 7.74 | 6.47 |
| Días en la semana que trabaja en la producción de mora | 3.36 | 3.36 | 3.24 |
| Superficie del lote de mora en hectáreas | 0.30 | 0.29 | 0.25 |
| Rendimiento de mora en kg por hectárea | 7422.00 | 7297.00 | 6932.00 |
| Años de experiencia como productor de mora | 17.20 | 13.81 | 13.24 |
| Porcentaje de superficie sembrada con mora de castilla | 80.32 | 69.88 | 73.82 |
| Producción de mora en kg en los meses de mayor producción | 1319.75 | 1133.05 | 828.53 |
| Producción de mora en kg en los meses de menor producción | 765.27 | 685.34 | 558.82 |
| Beneficios Brutos en USD ha ⁻¹ | 9624.89 | 9621.69 | 9514.57 |
| Costos Totales en USD ha ⁻¹ | 3023.10 | 3218.70 | 2880.20 |
| Beneficios Netos en USD ha ⁻¹ | 6601.75 | 6403.04 | 6634.39 |
| Precio en dólares por kg de mora | 1.31 | 1.32 | 1.41 |
| Porcentaje de mora que vendió al intermediario minorista | 0.00 | 73.26 | 5.88 |
| Porcentaje de mora que vendió al intermediario mayorista | 97.73 | 8.72 | 8.82 |
| Porcentaje de mora que vendió al intermediario transportista | 0.00 | 4.65 | 55.88 |
| Años que ha estado vendiendo al intermediario minorista | 0.00 | 5.02 | 0.06 |
| Años que ha estado vendiendo al intermediario mayorista | 6.27 | 0.53 | 1.06 |
| Años que ha estado vendiendo al intermediario transportista | 0.00 | 0.19 | 4.59 |
| Costo en dólares del transporte de mora durante todo el año | 39.33 | 36.55 | 29.82 |
| Disponen de agua para riego (%) | 81.80 | 69.80 | 52.90 |
| Controlan la calidad de la fruta con manejo agronómico (%) | 0.00 | 0.00 | 17.60 |
| Cosechan la mora directamente en el empaque de venta (%) | 100.00 | 100.00 | 70.60 |
| Hogares que recibieron créditos (%) | 54.50 | 41.90 | 52.90 |

Fuente: Barrera *et al.*, 2017.

4.3. Factores que promueven la productividad de la mora en la provincia de Tungurahua

4.3.1. Análisis de los factores a nivel de la provincia

Las estimaciones de los coeficientes, el error típico de la estimación, el valor de significación y la probabilidad de la significancia se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Variables independientes y coeficientes de regresión lineal múltiple estimados para determinar los factores que afectan la productividad de mora. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variables | Coeficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad |
|---|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Intercepto | 5410.981 | 1206.302 | 4.486 | 0.000 |
| Altitud en msnm | -0.025 | 0.347 | -0.073 | 0.942 |
| Años del jefe del hogar | 17.658 | 7.325 | 2.411 | 0.017 |
| Años de educación del jefe del hogar | 36.565 | 26.209 | 1.395 | 0.165 |
| Sexo masculino del jefe del hogar | 199.805 | 202.423 | 0.987 | 0.325 |
| Días en la semana que trabaja en la mora | 26.768 | 58.006 | 0.461 | 0.645 |
| Poseen agua de riego | 1646.724 | 251.050 | 6.559 | 0.000 |
| Años de experiencia como productor | -21.942 | 8.499 | -2.582 | 0.011 |
| Edad del cultivo de mora en años | -9.435 | 11.431 | -0.825 | 0.411 |
| Número de plantas por hectárea | -0.075 | 0.220 | -0.341 | 0.733 |
| Problemas de plagas en el cultivo de mora | -358.401 | 237.307 | -1.510 | 0.133 |
| Costos de producción en USD/ha | 0.027 | 0.086 | 0.318 | 0.751 |
| Reciben crédito para producir mora | 289.045 | 173.472 | 1.666 | 0.098 |
| Reciben capacitación en mora | 37.696 | 178.573 | 0.211 | 0.833 |
| Reciben asistencia técnica en mora | -24.434 | 236.593 | -0.103 | 0.918 |
| Número de observaciones | | | 147 | |
| R² | | | 0.46 | |

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

El modelo de regresión múltiple encontró que cuatro variables independientes mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.10$): años del jefe de hogar, poseen agua de riego, años de experiencia como productor y reciben crédito para producir mora; es decir que, estas variables sí influenciaron en la productividad de la mora en kg ha^{-1} , por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que la variable de respuesta no está influenciada por estas variables independientes y se acepta la hipótesis alternativa de que sí hay algún tipo de influencia por parte de estas variables. En el caso de la variable años del jefe de hogar se puede señalar que por cada año que se incrementa la edad del jefe de hogar los rendimientos se incrementan en 17.65 kg ha^{-1} . En el caso de los hogares que poseen riego para el cultivo de mora, el rendimiento se incrementa en más $1646.72 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con los que no poseen agua de riego. Los años de experiencia como productor de mora del jefe de hogar indican que por cada año que se incrementa la experiencia del jefe de hogar los rendimientos disminuyen en 21.94 kg ha^{-1} . Finalmente, cuando los productores reciben créditos para producir mora, el rendimiento se incrementa en más $289.04 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con los que no reciben crédito para producir mora.

La bondad del ajuste del modelo de regresión lineal múltiple, en términos del denominado $R^2 = 0.46$, señala que el 46% de los datos se ajustaron a este tipo de modelo de regresión lineal múltiple, es decir que puede interpretarse como un porcentaje de reducción de la incertidumbre cuando son conocidas las variables independientes. El R^2 corregido = 0.40, que se disminuyó en comparación al R^2 original, se puede interpretar como una corrección de honestidad, lo que quiere decir que se introdujeron variables innecesarias en el modelo. En relación al coeficiente de correlación múltiple $r = 0.677$, se puede indicar que este es altamente significativo y que las variables independientes tuvieron una buena asociación lineal con la variable dependiente. El signo positivo del coeficiente indica que la asociación es directa, cuando una variable crece la otra también.

4.3.2. Análisis de los factores a nivel del Grupo 1

Las estimaciones de los coeficientes, el error típico de la estimación, el valor de significación y la probabilidad de la significancia se muestran en la Tabla 9. El modelo de regresión múltiple encontró que cuatro variables independientes mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$ y $p \leq 0.10$): altitud en msnm, sexo masculino del jefe de hogar, poseen agua de riego y costos de producción en USD ha⁻¹; es decir que, estas variables sí influenciaron en la productividad de la mora en kg ha⁻¹, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que la variable de respuesta no está influenciada por estas variables independientes y se acepta la hipótesis alternativa de que sí hay algún tipo de influencia por parte de estas variables. En el caso de la variable altitud en msnm se puede señalar que por cada metro que se incrementa la altitud los rendimientos disminuyen en 2039 kg ha⁻¹. En el caso de los hogares cuyo jefe de hogar es de sexo masculino los rendimientos de mora incrementan en más 1296.89 kg ha⁻¹ en comparación con el jefe de hogar que no es de sexo masculino. En el caso de los hogares que poseen riego para el cultivo de mora, el rendimiento se incrementa en más 1034.52 kg ha⁻¹ en comparación con los que no poseen agua de riego. Finalmente, por cada USD ha⁻¹ que se incremente en los costos de producción de mora, el rendimiento se disminuye en 0.45 kg ha⁻¹.

La bondad del ajuste del modelo de regresión lineal múltiple, en términos del denominado $R^2 = 0.40$, señala que el 40% de los datos se ajustaron a este tipo de modelo de regresión lineal múltiple, es decir que puede interpretarse como un porcentaje de reducción de la incertidumbre cuando son conocidas las variables independientes. El R^2 corregido = 0.11, que se disminuyó en comparación al R^2 original, se puede interpretar como una corrección de honestidad, lo que quiere decir que se introdujeron varias variables innecesarias en el modelo. En relación al coeficiente de correlación múltiple $r = 0.63$, se puede indicar que este es altamente significativo y que las variables independientes tuvieron una buena asociación lineal con la variable dependiente. El signo positivo del coeficiente indica que la asociación es directa, cuando una variable crece la otra también.

Tabla 9. Variables independientes y coeficientes de regresión lineal múltiple estimados para determinar los factores que afectan la productividad de mora en el Grupo 1. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variables | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad |
|--|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Intercepto | 11933.472 | 3391.000 | 3.519 | 0.001 |
| Altitud en msnm | -2.039 | 0.854 | -2.389 | 0.024 |
| Años del jefe del hogar | 10.266 | 19.021 | 0.539 | 0.593 |
| Años de educación del jefe del hogar | 121.807 | 89.646 | 1.358 | 0.185 |
| Sexo masculino del jefe del hogar | 1296.893 | 624.637 | 2.076 | 0.047 |
| Días en la semana que trabaja en la mora | 164.949 | 113.119 | 1.458 | 0.155 |
| Poseen agua de riego | 1034.520 | 545.658 | 1.896 | 0.068 |
| Años de experiencia como productor | -22.782 | 24.046 | -0.947 | 0.351 |
| Edad del cultivo de mora en años | -7.497 | 25.397 | -0.295 | 0.769 |
| Número de plantas por hectárea | 0.231 | 0.554 | 0.416 | 0.680 |
| Problemas de plagas en el cultivo de mora | -496.282 | 610.081 | -0.813 | 0.422 |
| Costos de producción en USD ha ⁻¹ | -0.451 | 0.263 | -1.714 | 0.097 |
| Reciben crédito para producir mora | 15.089 | 379.339 | 0.039 | 0.968 |
| Reciben capacitación en mora | -592.618 | 441.213 | -1.343 | 0.189 |
| Reciben asistencia técnica en mora | 54.029 | 524.747 | 0.103 | 0.918 |
| Número de observaciones | | | 44 | |
| R² | | | 0.40 | |

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

4.3.3. Análisis de los factores a nivel del Grupo 2

Las estimaciones de los coeficientes, el error típico de la estimación, el valor de significación y la probabilidad de la significancia se muestran en la Tabla 10. El modelo de regresión múltiple encontró que tres variables independientes mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$): poseen agua de riego, años de experiencia como productor y problemas de plagas en el cultivo de mora; es decir que, estas variables sí influenciaron en la productividad de la mora en kg ha^{-1} , por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula de que la variable de respuesta no está influenciada por estas variables independientes y se acepta la hipótesis alternativa de que sí hay algún tipo de influencia por parte de estas variables. En el caso de los hogares que poseen riego para el cultivo de mora, el rendimiento se incrementa en más $1785.479 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con los que no poseen agua de riego. Los años de experiencia como productor de mora del jefe de hogar indican que por cada año que se incrementa la experiencia del jefe de hogar los rendimientos disminuyen en 20.10 kg ha^{-1} . Finalmente, cuando los productores tienen problemas de plagas y enfermedades en el cultivo de mora, el rendimiento se disminuye en menos $587.66 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con los que no tienen problemas de plagas y enfermedades.

Tabla 10. Variables independientes y coeficientes de regresión lineal múltiple estimados para determinar los factores que afectan la productividad de mora en el Grupo 2. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variables | Coefficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad |
|--|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Intercepto | 4317.953 | 1429.013 | 3.022 | 0.003 |
| Altitud en msnm | 0.526 | 0.431 | 1.221 | 0.226 |
| Años del jefe del hogar | 13.871 | 9.134 | 1.519 | 0.133 |
| Años de educación del jefe del hogar | 15.616 | 28.211 | 0.553 | 0.582 |
| Sexo masculino del jefe del hogar | -2.473 | 205.763 | -0.012 | 0.990 |
| Días en la semana que trabaja en la mora | 37.177 | 77.781 | 0.478 | 0.634 |
| Poseen agua de riego | 1785.479 | 303.599 | 5.881 | 0.000 |
| Años de experiencia como productor | -20.104 | 9.113 | -2.206 | 0.031 |
| Edad del cultivo de mora en años | -14.629 | 12.972 | -1.128 | 0.263 |
| Número de plantas por hectárea | -0.017 | 0.277 | -0.061 | 0.951 |
| Problemas de plagas en el cultivo de mora | -587.664 | 286.902 | -2.048 | 0.044 |
| Costos de producción en USD ha^{-1} | 0.045 | 0.094 | 0.477 | 0.635 |
| Reciben crédito para producir mora | 210.345 | 209.316 | 1.004 | 0.318 |
| Reciben capacitación en mora | -46.877 | 211.973 | -0.221 | 0.825 |
| Reciben asistencia técnica en mora | -21.293 | 290.897 | -0.073 | 0.942 |
| Número de observaciones | | | 86 | |
| R² | | | 0.64 | |

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

La bondad del ajuste del modelo de regresión lineal múltiple, en términos del denominado $R^2 = 0.64$, señala que el 64% de los datos se ajustaron a este tipo de modelo de regresión lineal múltiple, es decir que puede interpretarse como un porcentaje de reducción de la incertidumbre cuando son conocidas las variables independientes. El R^2 corregido = 0.57, que se disminuyó en comparación al R^2 original, se puede interpretar como una corrección de honestidad, lo que quiere decir que se introdujeron variables innecesarias en el modelo. En relación al coeficiente de correlación múltiple $r = 0.80$, se puede indicar que este es altamente significativo y que las variables independientes tuvieron una buena asociación lineal con la variable dependiente. El signo positivo del coeficiente indica que la asociación es directa, cuando una variable crece la otra también.

4.3.4. Análisis de los factores a nivel del Grupo 3

Las estimaciones de los coeficientes, el error típico de la estimación, el valor de significación y la probabilidad de la significancia se muestran en la Tabla 11. El modelo de regresión múltiple encontró que las variables independientes no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$); es decir que, estas variables no influenciaron en la productividad de la mora en kg ha^{-1} , por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de que la variable de respuesta no está influenciada por estas variables independientes y se rechaza la hipótesis alternativa de que sí hay algún tipo de influencia por parte de estas variables.

Tabla 11. Variables independientes y coeficientes de regresión lineal múltiple estimados para determinar los factores que afectan la productividad de mora en el Grupo 3. Provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Variables | Coeficientes | Error típico | Estadístico t | Probabilidad |
|--|--------------|--------------|---------------|--------------|
| Intercepto | 12500.019 | 17877.362 | 0.699 | 0.535 |
| Altitud en msnm | -3.303 | 5.991 | -0.551 | 0.619 |
| Años del jefe del hogar | 33.525 | 98.008 | 0.342 | 0.755 |
| Años de educación del jefe del hogar | 24.541 | 520.463 | 0.047 | 0.965 |
| Días en la semana que trabaja en la mora | 234.186 | 490.359 | 0.477 | 0.665 |
| Poseen agua de riego | 4074.064 | 4845.063 | 0.841 | 0.462 |
| Años de experiencia como productor | 0.918 | 98.362 | 0.009 | 0.993 |
| Edad del cultivo de mora en años | 30.264 | 166.397 | 0.182 | 0.867 |
| Número de plantas por hectárea | 0.575 | 1.428 | 0.403 | 0.714 |
| Problemas de plagas en el cultivo de mora | -103.127 | 1919.036 | -0.054 | 0.960 |
| Costos de producción en USD ha^{-1} | -0.731 | 0.947 | -0.771 | 0.496 |
| Reciben crédito para producir mora | 1932.458 | 1961.627 | 0.985 | 0.397 |
| Reciben capacitación en mora | 226.248 | 1231.819 | 0.184 | 0.866 |
| Reciben asistencia técnica en mora | -1364.593 | 3289.336 | -0.415 | 0.706 |
| Número de observaciones | 17 | | | |
| R² | 0.78 | | | |

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

La bondad del ajuste del modelo de regresión lineal múltiple, en términos del denominado $R^2 = 0.78$, señala que el 78% de los datos se ajustaron a este tipo de modelo de regresión lineal múltiple, es decir que puede interpretarse como un porcentaje de reducción de la incertidumbre cuando son conocidas las variables independientes. El R^2 corregido = 0.18, que se disminuyó en comparación al R^2 original, se puede interpretar como una corrección de honestidad, lo que quiere decir que se introdujeron algunas variables innecesarias en el modelo. En relación al coeficiente de correlación múltiple $r = 0.88$, se puede indicar que este es altamente significativo y que las variables independientes tuvieron una buena asociación lineal con la variable dependiente. El signo positivo del coeficiente indica que la asociación es directa, cuando una variable crece la otra también.

4.4. Estrategias que promueven beneficios productivos y económicos en los productores de mora en la provincia de Tungurahua para contribuir al mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de mora

Las estrategias que promueven los beneficios productivos y económicos en los productores de mora de la provincia de Tungurahua se establecieron en base a los factores productivos que si influenciaron en la productividad de la mora en kg ha^{-1} : la edad del jefe de hogar, disponibilidad de riego, experiencia del productor en el cultivo de mora, acceso a créditos, altitud, costos de

producción, género, problemas de plagas y enfermedades. Estas están en concordancia con Herrera (2019), quién menciona que una estrategia de producción depende mucho de la disponibilidad de la tierra, del tipo de suelos, del régimen de lluvias, del acceso al agua, a la tecnología, a recursos económicos, a los mercados, de las formas de organización, de las tradiciones comunitarias, entre otras; las cuales se han generado a través de largos procesos de aprendizaje y creación por parte de las familias productoras.

En la Tabla 12 se muestran las estrategias propuestas para promover los beneficios productivos y económicos de los productores en función de los factores que afectan la productividad de la mora en la provincia de Tungurahua. Considerando que por cada año que se incrementa la edad del jefe de hogar los rendimientos de la mora se incrementan en 17.65 kg ha^{-1} , lo que puede deberse a la formación minuciosa de una estrategia de producción guiada por la experiencia y la observación a través de los años, por lo que se propone el relevo generacional generando espacios donde los productores puedan transferir sus conocimientos y habilidades a sus progenies, dentro del núcleo familiar, lo que contribuirá a que los procesos de aprendizajes formados alrededor del cultivo se mantengan.

Tabla 12. Estrategias que promueven beneficios productivos y económicos en función de los factores que afectan la productividad de mora en la provincia de Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Factores de productividad | Efecto en rendimientos | Estrategias |
|------------------------------------|------------------------|---|
| Años del jefe de hogar | Incremento | Los productores de mora de la provincia de Tungurahua transfieren sus conocimientos y habilidades a sus descendientes. |
| Poseen agua de riego | Incremento | Los productores de mora de la provincia de Tungurahua aplican riego tecnificado parcelario en sus cultivos. |
| Años de experiencia como productor | Decremento | Los productores de mora de la provincia de Tungurahua adoptan tecnología de precisión para la producción. |
| Reciben crédito para producir mora | Incremento | Los productores de mora de la provincia de Tungurahua financian mejoras en sus cultivos con créditos productivos blandos. |

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

Los hogares que poseen riego incrementan el rendimiento de mora en más $1646.72 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con los que no poseen agua de riego, por lo que se propone tecnificar el uso del agua riego mediante la implementación de sistemas de riego parcelario tecnificado, lo que permitirá optimizar el suministro de agua, mejorando la eficiencia de aplicación en las parcelas mediante el uso de sistemas de riego tecnificado (aspersión, aspersión sub foliar y goteo), a fin de reducir las pérdidas de agua en la aplicación a un mínimo absoluto y posibilitar un riego y agricultura eficiente. Esto permitirá incrementar la productividad, además de contribuir a facilitar la planificación de la producción en función de la oferta y demanda del mercado y mejora de utilidades.

Los años de experiencia del productor en el cultivo de mora es un factor que por cada año que se incrementa la experiencia del jefe de hogar los rendimientos disminuyen en 21.94 kg ha^{-1} , esta influencia negativa, podría deberse al arraigo de prácticas convencionales y la resistencia a adoptar

nueva tecnología. En concordancia a lo mencionado por Tucuch *et al.* (2007), productores bastante experimentados tienen ya bastante arraigada su tecnología tradicional, para lo cual se propone la construcción participativa de una metodología de transferencia de tecnología bajo el principio de aprender haciendo que permita involucrar al productor en todo el proceso productivo del cultivo donde sea partícipe y actor del mejoramiento tecnológico y de los resultados alcanzados en cuanto a productividad del cultivo para su adopción; como afirma Orozco *et al.* (2009), si se incrementa el nivel de conocimiento en los productores, aumenta el índice de adopción de nuevas tecnologías y toma de decisión.

Los productores que reciben créditos para la producción de mora incrementan en más 289.04 kg ha⁻¹ los rendimientos en comparación con los que no reciben crédito para producir mora, para lo cual el apoyo de políticas públicas adecuadas articuladas estratégicamente permitirán que los productores tengan mayor acceso a créditos para invertir en mejoras en sus cultivos, como lo mencionan Carmagnani (2008) y Zouain y Barone (2007); además, puedan ser beneficiarios del Seguro Agrícola para garantizar la permanencia de la inversión.

Las decisiones económicas que toman los hogares dependen de muchos factores y casi todos pueden ser tratados desde la política; hay políticas públicas que pueden ser eficientes para mejorar la estrategia productiva y las condiciones de vida de los hogares.

En la Tabla 13 se muestra la cadena de resultados para alcanzar la sostenibilidad del cultivo de mora en la provincia de Tungurahua.

Tabla 13. Cadena de resultados para contribuir al mejoramiento de la productividad y sostenibilidad de los sistemas de producción de mora en la provincia Tungurahua-Ecuador, 2019.

| Actividades | Productos | Estrategias (Efectos) | Impactos |
|--|---|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Conformación de espacios para el intercambio de experiencias y de formación de pares agropecuarios. 2. Firmar convenios de cooperación entre organizaciones públicas, privadas, cooperación y beneficiarios del proceso, para viabilizar la conformación de espacios de gestión. 3. Conformación de mesas técnicas locales entre aliados estratégicos para elaboración de planes operativos. 4. Conformación y/o fortalecimiento de comunidades de aprendizaje de productores de mora. 5. Fortalecimiento de conocimientos, habilidades y destrezas del equipo técnico de las instituciones involucradas, para especialización en componentes tecnológicos de precisión para el cultivo de mora. 6. Transferencia de tecnología a comunidades mediante la metodología de Grupos de Transferencia de Tecnología. 7. Implementación de parcelas demostrativas de manejo integral y producción intensiva del cultivo de mora. 8. Asistencia técnica permanente y seguimiento a la implementación de los componentes tecnológicos en el cultivo de mora. 9. Dotación y tecnificación de sistemas de riego parcelario y drenaje. 10. Capacitación en operación y mantenimiento de sistemas de riego. 11. Creación del sistema de créditos blandos y seguros para la producción agropecuaria. 12. Inclusión del rubro mora dentro de la cobertura del Seguro Agrícola según sus condiciones de producción. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Los productores de mora de la provincia de Tungurahua incrementan su productividad y sostenibilidad. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Los productores de mora de la provincia de Tungurahua transfieren sus conocimientos y habilidades a sus descendientes. 2. Los productores de mora de la provincia de Tungurahua adoptan tecnología de precisión para la producción. 3. Los productores de mora de la provincia de Tungurahua aplican riego tecnificado en sus cultivos. 4. Los productores de mora de la provincia de Tungurahua financian mejoras en sus cultivos con créditos productivos. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Los productores de mora organizados, conjuntamente con las instituciones públicas y privadas, fortalecen la producción y productividad, enfocados en garantizar la sostenibilidad para alcanzar la soberanía alimentaria. |

Elaborado por: Mercy Villares, 2019.

5. CONCLUSIONES

Tres grupos de hogares productores de mora a nivel de Tungurahua fueron establecidos para determinar sus estrategias de medios de vida y su bienestar, los cuales se diferenciaron por tener diferente comportamiento en las variables relacionadas con el sexo (hombre o mujer) del responsable del hogar, la disponibilidad de agua de riego y la comercialización de la mora.

Los hogares que producen mora tienen diferentes superficies dedicadas a este cultivo y por ende diferentes promedios de producción por unidad de superficie; los costos de producción no reflejan los beneficios brutos de los hogares, mismos que se enmarcan con los precios que les pagan los intermediarios.

Se encontró que cuatro variables independientes sí influenciaron significativamente en la productividad de la mora en la provincia de Tungurahua, en kg ha^{-1} : años del jefe de hogar, la posesión del agua de riego, los años de experiencia como productor y si recibieron crédito para producir mora.

Al realizar el análisis de factores a nivel de los tres grupos, se encontró que en el Grupo 1 cuatro variables independientes sí influenciaron en la productividad de la mora en kg ha^{-1} : altitud en m, sexo masculino del jefe de hogar, posesión del agua de riego y los costos de producción en USD ha^{-1} ; en el Grupo 2, tres variables independientes sí influenciaron en la productividad de la mora en kg ha^{-1} : posesión del agua de riego, los años de experiencia como productor y los problemas de plagas en el cultivo de mora; mientras que en el Grupo 3, no hubo influencia de las variables independientes en la productividad de la mora.

Las estrategias que promueven los beneficios productivos y económicos en los productores de mora en la provincia de Tungurahua, se refieren a la transferencia de tecnología, adopción de tecnologías de precisión, uso de riego tecnificado parcelario, enfoque de género, fortalecimiento de la agricultura familiar que están enfocados a garantizar la sostenibilidad para alcanzar la soberanía alimentaria.

6. LITERATURA CITADA

- Aldenderfer, M. y Blashfield. 1984. *Cluster Analysis; Series: Quantitative Applications in the Social Science*. Beverly Hills. SAGE University Paper.
- BCE. 2013. *Centro de información estadística del comercio exterior. Consulta de totales por N-Andina-País*. Banco Central del Ecuador (http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp). Consultado el lunes 29 de junio 2015.
- Barrera, V.; Alwang, J.; Andrango, G.; Domínguez, J.; Escudero, L.; Martínez, A.; Jácome, R. y Arévalo, J. 2017. *La cadena de valor de la mora y sus impactos en la Región Andina del Ecuador*. Boletín Técnico No. 171 ARCOIRIS Producciones Gráficas. Quito, Ecuador. 161 p.
- Buzone, I. 2007. *Frutas finas berries (Cadenas alimentarias)*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos. Buenos Aires-Argentina. 195 pp.
- Carmagnani, M. 2008. *La agricultura familiar en América Latina. Problemas del Desarrollo*. Revista Latinoamericana de Economía. ISSN: 0301-7036.
- Everitt, B. 1993. *Cluster Analysis*. New York: Edward Arnold A Division of Hodder & Stoughton, Third Edition.
- Franco, G. y Giraldo, M. 1999. *El cultivo de mora*. Pereira, CO, Feriva. pp. 1-36.
- HGPT. 2015. *Agenda Tungurahua 2015-2017*. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. Tercera Edición. Ambato-Ecuador.
- Gómez, A.; Valle, S. y Filho, A. 1998. *Módulo de Capacitación en Prospección Tecnológica de Cadenas Productivas*. EMBRAPA. Brasilia-Brasil. 137 pp.

- González, G. 2010. *Métodos estadísticos y principios de diseño experimental*. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 331 pp. ISBN. 978-9978-92-883-7
- Herforth, N.; Theuvsen, N.; Vásquez, W. and Wollni, M. 2015. *Understanding participation in modern supply chains under a social network perspective- evidence from blackberry farmers in the Ecuadorian Andes*. Global Food. February 2015, ISSN (2192-3248)
- Hernández, R; Fernández, C; Baptista, P. 1997. *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana de Mexico, S.A de C.V:
- Herrera, S. 2019. *La agricultura familiar campesina y la irrigación parcelaria*. Escuela Nacional de Irrigación Parcelaria. Módulo 1. Módulos de capacitación.
- INEC. 2013. *Censo de población y vivienda*. Quito, Ecuador: CPV 2010.
- INIAP. 2016. *Información levantada por parte de las Direcciones Provinciales Agropecuarias del MAGAP*, consolidada por la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, 2015-2016. Cifras no publicadas.
- Little, T. and Hills, J. 1979. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Editorial Trillas. México D.F., México. 270 pp.
- Orozco, S.; Ramírez, B.; Ariza, R.; Jiménez, L.; Estrella, N.; Peña, B.; Ramos, A.; Morales, M. 2009. *Impacto del conocimiento tecnológico sobre la adopción de tecnología agrícola en campesinos indígenas de México*. Interciencia, vol. 34, núm. 8. Caracas, Venezuela. Pp. 551-555.
- Romesburg, C. 1990. *Cluster Analysis for Researchers*. Malabar: Robert E Kieger Publishing Company.
- Ruiz, M.; Urueña, M. y Martínez, J. 2009. *Situación actual y perspectivas del mercado de la mora*. ERS MIDAS CRPS. Colombia.
- Steel, R. y J. Torrie. 1960. *Principles and procedures of statistics*. New York: McGraw.
- Tucuch, F.; Ku Naal, R.; Estrada, J.; Palacios, A. 2007. *Caracterización de la producción de maíz en la zona centro-norte del Estado de Campeche, México*. Agronomía Mesoamericana. Campeche México, 18(2):263-270. 2007 ISSN: 1021-7444.
- Ward, H. 1963. *Hierarchical Grouping to Optimize and Objective Function*. Journal of the American Statistical Association, 58,236-234, 301.
- Wooldridge, J. 2008. *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. Thomson Paraninfo S.A. Madrid- España. Segunda Edición.
- Zouain, D; Barone, F. 2007. *Excertos sobre política pública de acesso ao crédito como ferramenta de combate à pobreza e inclusão social: o microcrédito na era*. Revista de Administração Pública - RAP, 41. [fecha de Consulta 16 de Octubre de 2019]. ISSN: 0034-7612.

Desarrollo de competencias analíticas y globales a través de pasantías de investigación agrícola en Ecuador

1. ANTECEDENTES

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en Alianza Estratégica con la Universidad de Virginia Tech (Virginia Tech) y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), llevan adelante el proyecto titulado “Building Analytical and Global Competencies through Agricultural Research internships in Ecuador”, donde se tiene la participación de estudiantes de las dos universidades y técnicos investigadores del INIAP. En este sentido, el INIAP tiene experiencia en involucrar a estudiantes ecuatorianos y estadounidenses en sus programas de investigación agrícola. Sus investigadores brindan activamente experiencias de tutoría a estudiantes de ambos países. El INIAP ha aceptado totalmente la idea de realizar estudios de comportamiento económico en apoyo de sus esfuerzos de difusión de las prácticas de Agricultura de Conservación (AC) que ha investigado por varios años. El INIAP continuará financiando la investigación de campo con algunos fondos suplementarios para ajustes específicos de pasantías, según sea necesario y pagando los salarios de los investigadores que participan en el proyecto. La ESPOCH también continuará apoyando a los profesores de la Facultad de Recursos Naturales que están involucrados en el proyecto.

La oportunidad propuesta para estudiantes de pregrado de Virginia Tech aborda tres deficiencias críticas relacionadas con la preparación de estudiantes de pregrado en ciencias sociales para carreras en ciencias agrícolas.

En primer lugar, los estudiantes de pregrado en ciencias sociales agrícolas carecen de experiencia en investigaciones significativas relacionadas con una cuestión de interés de política agrícola. Los empleadores estadounidenses expresan constantemente interés en que las personas que contratan tengan habilidades para resolver problemas y tomar decisiones. El programa previsto desarrollará estas habilidades mediante el análisis de acertijos relevantes para las políticas. Los estudiantes se centrarán en medir los obstáculos institucionales y de otro tipo para la difusión generalizada de las prácticas AC en agroecologías frágiles en Ecuador. La AC se ha propuesto como una solución a la degradación a largo plazo de la salud del suelo y productividad, particularmente en áreas ambientales frágiles. Si bien la AC se ha adoptado ampliamente en los países desarrollados (Giller *et al.*, 2009; Knowler y Bradshaw, 2007) y en algunas condiciones en los países menos desarrollados (Abdulai, 2016), no se ha extendido en condiciones de pequeños productores en áreas donde su promesa puede ser mayor (Barrowclough y Alwang, 2017; Farris *et al.*, 2017; Knowler y Bradshaw 2007; Giller *et al.*, 2009). La agricultura andina se ve afectada por la disminución de la productividad debido a la pérdida y degradación del suelo, los daños ambientales fuera de las fincas por la erosión y la disminución de la capacidad para mantener la base de la población (Alwang y Sowell, 2010); estas condiciones hacen de la AC una opción atractiva.

El Programa Colaborativo de Apoyo a la Investigación en el Manejo Sostenible de la Agricultura y Recursos Naturales (SANREM), financiado por USAID, realizó una investigación sobre la viabilidad biológica y económica de la AC en el área del río Chimbo en Ecuador durante 2005-2014 (Barrera *et al.*, 2016). SANREM descubrió que la AC es económicamente viable a corto plazo y su viabilidad aumentará con el tiempo debido a las mejoras en la salud del suelo (Barrera *et al.*, 2016). Desde que SANREM terminó sus acciones, el gobierno de Ecuador ha continuado realizando investigaciones de AC en diferentes áreas, ya que reconoce que las técnicas de AC presentan una opción atractiva para los pequeños agricultores. Estos experimentos de campo muestran una promesa similar a la de SANREM y el gobierno está interesado en promulgar políticas para promover la difusión. La investigación prevista en esta propuesta utilizará datos de observación y técnicas económicas experimentales para identificar los obstáculos que enfrentan los agricultores para la adopción de AC y ayudar a desarrollar acciones para superarlos. La experiencia de preparar

a los estudiantes de pregrado para pensar ampliamente sobre las influencias políticas en la toma de decisiones y cómo diseñar un programa de investigación para abordar las necesidades de conocimiento.

En segundo lugar, las experiencias de investigación para estudiantes universitarios tienden a enfocarse estrechamente y no las involucran en el rango completo de la experiencia de investigación. Por ejemplo, durante el proyecto de investigación SANREM, cuatro grupos (más de ocho años) de estudiantes universitarios participaron en una pasantía de investigación de seis semanas en Ecuador. Si bien esta experiencia recibió comentarios positivos del estudiante, los participantes sintieron que más allá de la recopilación y el análisis de datos no obtuvieron la amplitud de comprensión del proceso de investigación. Expresaron deseos de proporcionar un contexto relacionado con la formulación de objetivos de investigación y sus vínculos con las opciones de política, y de una superposición más fuerte entre el trabajo de campo y los conceptos aprendidos en clase. En respuesta a esta retroalimentación, se llevará a cabo una preparación semestral completa para la pasantía de investigación de verano que involucra un curso de 3 créditos. Se vinculará y construirá sobre la base de investigación relacionada con CA en Ecuador, pero se alentará a los estudiantes a formular preguntas de investigación y explorar opciones para estrategias empíricas, incluido el uso de datos de observación y experimentos de comportamiento para aislar los efectos de los obstáculos en la adopción.

En tercer lugar, los estudiantes de pregrado en agricultura a menudo carecen de experiencia internacional más allá de los cursos de corto plazo dirigidos por profesores en el extranjero. A medida que los mercados agrícolas se globalizan cada vez más, los empleadores de los agronegocios sienten que los futuros profesionales agrícolas se beneficiarán de una comprensión más profunda del idioma, la cultura y las instituciones. Los programas de estudio en el extranjero pueden ser prohibitivamente caros, esencialmente excluyendo a muchos estudiantes minoritarios y de recursos más limitados de la experiencia. Se utilizará una parte de los fondos de la subvención para apoyar la participación de estudiantes de recursos limitados y asegurar una representación diversa de los estudiantes participantes.

El Departamento de Economía Agrícola y Cambio Climático del INIAP se encuentra implementando investigaciones de Agricultura de Conservación en las Comunidades que se encuentran ubicadas alrededor de la microcuenca del río Blanco, sin embargo, no existe información de base que permita conocer las potencialidades y los problemas de los sistemas de producción. En este contexto, el INIAP conjuntamente con la Universidad de Virginia Tech y la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conformaron una alianza estratégica de cooperación para llevar adelante temas de investigación y educación.

2. OBJETIVOS

2.1. General

Liderar un programa internacional de aprendizaje experimental para estudiantes universitarios de ciencias sociales en agricultura

2.2. Específicos

- Proporcionar a 30 estudiantes universitarios de Virginia Tech, durante cinco años, herramientas para comprender los vínculos entre los constructos socioeconómicos y su medición.
- Guiar a los estudiantes en la aplicación de métodos de campo y técnicas analíticas para ayudar a prepararlos para satisfacer las necesidades críticas de la fuerza laboral en la agricultura de los EE. UU.
- Proporcionar aprendizaje experimental para producir investigaciones de alta calidad sobre las restricciones relevantes para las políticas de agricultura.

3. METODOLOGÍA

Para este primer año del proyecto, el programa comenzó con una clase de tres créditos de un semestre en Virginia Tech sobre métodos de investigación, con un enfoque en las habilidades necesarias para trabajar en diferentes culturas. El curso también cubrió cómo los conceptos económicos ayudan a explicar acertijos en el desarrollo agrícola, como por qué no se adoptan tecnologías aparentemente rentables y por qué el aumento de los ingresos no siempre se traduce directamente en un mejor estado nutricional de los niños. Los estudiantes de Virginia Tech aprendieron a usar métodos de investigación modernos para establecer y probar predicciones e hipótesis económicas. El resultado del semestre fue una propuesta de investigación empírica que se implementó durante el verano. El programa proporcionó a los estudiantes una oportunidad de aprendizaje experimental durante el verano en Ecuador, donde los Profesores Investigadores de la facultad de Virginia Tech han establecido relaciones a largo plazo.

3.1. Enfoque de reclutamiento, selección y retención de estudiantes

El programa se anunció en la orientación del estudiante (a fines del verano), durante las clases regulares en el otoño, a través del servidor de listas de pregrado de CALS y en los sitios web apropiados. Todos los estudiantes de Virginia Tech y otras instituciones eran elegibles, pero la participación en la oportunidad de aprendizaje experimental de pasantías de investigación de verano dependió de la finalización satisfactoria de la clase de primavera sobre métodos de investigación y diseño de proyectos en Virginia Tech. La mayoría de los solicitantes exitosos fueron estudiantes de Virginia Tech que completaron su tercer año antes del verano de la pasantía de investigación.

3.2. Naturaleza de las actividades de investigación de los estudiantes

El tema de investigación para la oportunidad de aprendizaje experimental de verano varía de año en año y tienen que ver con los hallazgos anteriores y las necesidades expresadas por los investigadores del INIAP. En términos generales, la propuesta de investigación se centró en la identificación/cuantificación de obstáculos para la adopción de prácticas de AC, cuya justificación se describe anteriormente. Se propuso dos tipos de estudios para identificar los obstáculos a la adopción: (i) estudios de observación basados en datos de encuestas recopilados de posibles adoptantes (agricultores); (ii) experimentos de comportamiento para examinar cómo la variación en la información, los incentivos y otros pasos contribuirán a aliviar los obstáculos.

Los estudios de observación (previstos para realizarse en los primeros y últimos años del programa para proporcionar una línea de base y una línea final) comenzaron con un modelo de comportamiento simple de adopción de tecnología (Feder, Just y Zilberman, 1985). Dichos modelos atribuyen la adopción de tecnología como el resultado de la maximización de la utilidad esperada por parte de los agricultores-tomadores de decisiones. Entre otros, factores que afectan el conocimiento del agricultor sobre la tecnología (por ejemplo, nivel educativo, experiencia, acceso a programas de capacitación), capacidad para implementar y administrar la tecnología; por ejemplo, se espera que la riqueza y el acceso al crédito, la educación, la rentabilidad y la capacidad de asumir riesgos estén asociados con la adopción. Los estudiantes revisaron la literatura sobre adopción de tecnología agrícola y aprendieron sobre cómo poner en práctica modelos empíricos de adopción. Las encuestas recopiladas en campo de agricultores proporcionarán información sobre los determinantes de la adopción y el análisis empleará técnicas estadísticas multivariadas para cuantificar la importancia de los diferentes factores. Se abarcó el diseño de muestras y cuestionarios, la recopilación de datos (en tablets), la depuración y el análisis.

Como se señaló anteriormente, debido a que el equipo de investigación tiene solidez en economía doméstica, análisis de género, seguridad alimentaria y nutrición, se ampliarán los estudios de comportamiento para permitir el análisis de los impactos de la adopción en los resultados dentro del hogar. El análisis de estos resultados también será posible utilizando técnicas experimentales.

Los experimentos de comportamiento utilizarán la aleatorización en el campo para medir cómo los diferentes factores afectan la adopción o las percepciones de una tecnología agrícola. Los ejemplos incluyen ensayos de control aleatorio donde la señal se manipula para identificar cómo (la señal) afecta los resultados, cómo la adopción de tecnología o el conocimiento sobre tecnologías. Por ejemplo, Larochelle *et al.* (2017) enviaron mensajes de texto asignados aleatoriamente a los agricultores en Ecuador para ver si el efecto recordatorio o el efecto de conocimiento llevaron a una mayor adopción del manejo integrado de plagas entre los productores de papa. Un experimento de comportamiento diferente podría ser un experimento de campo artefactual que examina cómo la confianza en el mensajero o la confianza en el mensaje afecta los resultados. Un ejemplo de esto es encontrado en Buck y Alwang (2011), que analizan cómo la confianza en los emisores de mensajes afecta la adopción de tecnologías de manejo de plagas entre los pequeños productores de naranjilla en Ecuador. Durante los años en que se realicen los experimentos de comportamiento, el trabajo de clase se centrará en el diseño experimental, la generación de hipótesis, las herramientas de campo y el análisis estadístico correspondiente.

3.3. Trabajo de campo en Ecuador

Los pasantes viajaron con el profesorado a Ecuador durante seis semanas inmediatamente después del semestre de primavera. Este inicio rápido mantuvo el impulso académico, pero también se aprendió que a muchos estudiantes les gustaría usar julio y parte de agosto para ganar dinero en trabajos de verano. La inscripción de estudiantes en el curso de primavera los calificará como estudiantes de estudio en el extranjero durante el verano; este estado garantiza el pleno apoyo institucional de la Universidad. Los estudiantes también pudieron registrarse para créditos de investigación durante el verano, pero esto no fue obligatorio. Las primeras dos semanas en Ecuador vivieron en Quito para recibir clases de idioma / cultura por la mañana; las tardes se pasaron visitando instituciones locales y probando métodos de campo, según fue necesario. La experiencia demostró que dos semanas en Quito dieron tiempo para la adaptación y las clases de idiomas, que estuvieron estructuradas de acuerdo con las necesidades de los estudiantes, proporcionando un gran bloque de construcción incluso para estudiantes con antecedentes lingüísticos limitados. Las reuniones con las instituciones incluyeron visitas a: (i) la sede del INIAP para una visión general de los problemas de investigación agrícola, (ii) el laboratorio de SIG en el Ministerio de Agricultura donde se discutieron los recursos de datos geoespaciales, y (iii) la estación de experimentos agrícolas del INIAP en Santa Catalina, donde se visitó el banco de genes, el laboratorio de biotecnología y los programas de mejoramiento. El equipo de investigación del INIAP presentó una actualización en los ensayos de AC.

Luego de dos semanas en Quito, los pasantes de investigación estudiantil participaron en la recolección de datos o experimentos de comportamiento durante cuatro semanas en Chimborazo. Durante el trabajo de campo, los pasantes de pregrado se asociaron con estudiantes de tesis de la universidad local ESPOCH. Esta asociación facilitó el trabajo de campo, creando equipos interculturales y mejorando el aprendizaje sobre el contexto. Cuatro mentores de Ecuador se unieron al equipo de mentoría. Durante las clases y en el trabajo de campo, las interacciones entre estudiantes y profesores ocurrieron regularmente. Las clases del semestre de primavera maximizó las interacciones con el profesorado; en lugar de dar conferencias, los conceptos del curso se presentaron utilizando ejemplos y experiencias de investigación pasadas. Los estudiantes graduados que trabajan en temas relacionados fueron invitados a presentar sus hallazgos de investigación para ayudar a los estudiantes universitarios a desmitificar el proceso de investigación y estimular el interés en los estudios de posgrado. El formato fue un seminario con interacción regular entre el profesorado y el alumno, y cuando fue relevante, interacciones entre estudiantes graduados y de pregrado. Las interacciones estudiante-estudiante se fomentó mediante la creación de equipos de planificación de la investigación: muy poca parte del trabajo, incluidas las presentaciones, fue completada por estudiantes individuales en lugar de los equipos.

Durante el trabajo de campo, las reuniones se llevaron a cabo según fue necesario por las tardes para abordar inquietudes y planificar actividades posteriores. Al menos un PI de Virginia Tech estuvo presente en todo momento, al igual que el mentor / PI ecuatoriano, el Dr. Barrera. INIAP y ESPOCH, la universidad colaboradora, identificaron tres mentores ecuatorianos adicionales; estos mentores ayudaron con cuestiones científicas, cuestiones de ética y de investigación, e interpretaron las experiencias diarias para proporcionar contexto.

Los mentores y los colaboradores de estudiantes de pregrado ecuatorianos participaron como miembros de pleno derecho en las reuniones de equipo. Esta participación permitió diversas perspectivas en la planificación de la investigación y el proceso de implementación. Al finalizar el trabajo de campo, los estudiantes presentaron a los agricultores locales un resumen de sus hallazgos de la encuesta / trabajo de campo.

3.4. Plan de tutoría

El plan de mentoría fue una parte integral del proceso de aprendizaje experimental. Los PI y los socios universitarios en Ecuador fueron los principales mentores, y la participación se llevó a cabo a través de reuniones periódicas del equipo y sesiones de trabajo. El comité asesor también participó en Mentoría. La tutoría se vio como un medio para educar a los estudiantes, generar confianza en sus propias habilidades, ayudarlos a convertirse en solucionadores de problemas y tomadores de decisiones. Sin embargo, en términos más generales, el proceso de tutoría estuvo diseñado para cambiar al aprendiz a pensar en sí mismo como colegas en lugar de estudiantes. Su objetivo es promover el pensamiento independiente y la creatividad y desarrollar habilidades de pensamiento crítico para preparar a los estudiantes para el aprendizaje y las carreras de por vida.

Se preparó un plan de trabajo anual al comienzo del año calendario. Este plan de trabajo incluyó un cronograma de actividades y resultados esperados que fueron rastreados. El informe anual, que se completó al final del año, resumió las actividades durante el año con una sección de destacados adecuada para su lanzamiento a una audiencia general. Se espera que cada grupo de pasantes produzca al menos un trabajo de investigación adecuado para enviarlo a una revista revisada por pares o a una reunión profesional nacional.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Conjuntamente con el inicio del curso de verano en Estados Unidos, se tuvo los primeros contactos con la institución de educación de Ecuador que es la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), con quienes se estableció la alianza estratégica para llevar adelante el proyecto. Se promocionó el proyecto a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Recursos Naturales. Se conformó un grupo de 10 estudiantes de los semestres superiores y tres Profesores Investigadores con la finalidad de poder interactuar con sus pares de Virginia Tech. Se realizó 3 reuniones de interacción vía Skype entre los estudiantes de Estados Unidos y los ecuatorianos. La primera reunión sirvió para poder conocerse entre si y compartir algunos aspectos geográficos y culturales del país; la segunda reunión sirvió para identificar la investigación que se iba a desarrollar en campo de productores y que fue parte del trabajo de los estudiantes de Virginia Tech; y la tercera reunión, sirvió para definir los temas y la estructuración de la encuesta de línea de base que se aplicaron a los productores de la microcuenca del río Blanco. Adicional a estas reuniones se mantuvo tres reuniones internas entre los estudiantes y PI de la ESPOCH con los investigadores del INIAP para socializar la encuesta de línea de base que se utilizó en el campo.

El estudio de línea base se realizó con el apoyo técnico y financiero del Proyecto que el INIAP lleva adelante en alianza estratégica con la Universidad de Virginia Tech y la ESPOCH. El equipo de trabajo encargado de levantar la información de campo estuvo conformado por 7 estudiantes de Virginia Tech, 5 profesores investigadores de Virginia Tech, 7 estudiantes de la ESPOCH y 6 Investigadores del INIAP (Tabla 1).

Tabla 1. Investigadores, profesores y estudiantes que participaron en el estudio de línea base del proyecto en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Virginia Tech | INIAP- ESPOCH |
|-------------------|-------------------|
| Gallagher Kaitlyn | Inca César |
| Thornton Rachell | Cajilema Angélica |
| Garber Benjamin | Sánchez Luis |
| Wilkins Megan | Estrada Jessenia |
| Mefford Eli | Castillo Jessenia |
| Dynes Madi | Fiallos Marisol |
| Salinas Nicole | Cunalata José |
| Norton George | Escudero Luis |
| Algang Jeffrey | Yumisaca Fausto |
| Chen Susan | Asaquibay César |
| Broadwell Jillian | Aucancela Rodrigo |
| Alwang Jeff | Arévalo Juan |
| | Víctor Barrera |

El estudio de línea base se realizó en junio de 2019 con la llegada de los estudiantes de la primera cohorte de Virginia Tech y la ESPOCH y estuvo enfocada principalmente a la parte socioeconómica y medios de vida del productor (Tabla 2). Utilizando la tecnología de tablets para registrar las respuestas de la encuesta, el equipo pudo acelerar el proceso y eliminar el paso de transcribir las respuestas del papel al software estadístico. Los estudiantes de la ESPOCH también se beneficiaron de la asociación al trabajar con reconocidos economistas del desarrollo; se les presentó la tecnología de las tablets y pudieron usar los datos para investigaciones posteriores. El levantamiento de la información se hizo con entrevistas cara a cara donde se conformó 6 grupos de trabajo, cada grupo estuvo conformado por un estudiante americano y un ecuatoriano.

Tabla 2. Módulos de la encuesta socioeconómica aplicada a productores de la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Módulos | Descripción |
|---------|--|
| A | Información general de los productores de la microcuenca |
| B | Migración del jefe de hogar y su familia |
| C | Organizaciones presentes en la microcuenca |
| D | Activos que posee el hogar, Condiciones del hogar e infraestructura |
| E | Uso y acceso a la tierra |
| F | Activos pecuarios, equipos de la granja |
| G | Problemas productivos |
| H | Fuentes de información sobre agricultura, comunicación |
| I | Conocimientos de agricultura de conservación y su uso |
| J | Diversidad alimenticia y nutrición |
| K | Seguridad alimentaria |
| M | Acceso a crédito |
| N | Participación en agricultura por parte de los miembros de la familia |

El marco de muestreo fue de 1404 productores, de los cuales mediante procedimientos estadísticos se calculó una muestra de 390 productores de 26 comunidades (Tabla 3). En la mayoría de productores de estas comunidades sus sistemas de producción están basados en la producción agrícola y ganadera y cuentan con un sistema de riego que abarca la mayoría de las comunidades.

Tabla 3. Comunidades participantes en el estudio de línea base en la microcuenca del río Blanco, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2019.

| Zona norte | | Zona Sur | |
|---------------------|-----------------|-----------|-----------------|
| Comunidad | No. productores | Comunidad | No. productores |
| Chilcal | 6 | Airón | 13 |
| Cuncun | 7 | Balcashí | 67 |
| Paraiso | 2 | Llucud | 24 |
| Guabulag | 18 | Puculpala | 40 |
| Guazazo | 8 | Puelazo | 21 |
| Guntus | 26 | Chañag | 23 |
| Guso | 23 | Batán | 2 |
| Laguna San Martín | 5 | Bayo | 11 |
| Loma de Quito | 11 | Cachipata | 5 |
| Quimiag Centro | 4 | Llulluchi | 10 |
| San Pedro de Iguazo | 13 | Toldo | 8 |
| Santa Ana de Saguan | 17 | Tumba | 8 |
| Verdepamba | 15 | Rumipamba | 3 |
| Total | 155 | | 235 |

En la mayoría de comunidades hubo la participación espontánea de los productores para realizar la encuesta y el apoyo de los directivos de cada una de ellas. Cada mañana antes de iniciar la jornada se mantenía una reunión para actualizar el número de encuestas realizadas en cada una de las comunidades. El 28 de junio en la comunidad de Puculpala los estudiantes de Virginia Tech, hicieron una presentación de los resultados preliminares de la encuesta realizada donde asistieron 60 productores. Actualmente se está realizando la depuración de la información obtenida en campo para su posterior análisis a través de una tesis de pregrado.

5. CONCLUSIONES

En esta primera etapa del proyecto se realizó el estudio de línea de base del proyecto donde se involucró a 390 productores, los mismos que brindaron información valiosa para poder conocer la realidad socioeconómica de la microcuenca y poder planear las futuras actividades del proyecto. Involucrar a los estudiantes tanto en el desarrollo de encuestas como en la recopilación de datos les permitió experimentar el proceso de principio a fin, lo que resultó en una comprensión más profunda de cómo y por qué existen diversas dinámicas de desarrollo dentro de cada comunidad. Además, los estudiantes también tuvieron una idea de cómo será trabajar a tiempo completo después de la universidad, especialmente aquellos relacionados con el desarrollo rural. Además de aprender habilidades y lecciones que trascienden las fronteras étnicas, culturales y geográficas, este primer año también alimentó las amistades y las alianzas nutridas para el trabajo de desarrollo futuro.

6. LITERATURA CITADA

- Abdulai, A. 2016. *Impact of conservation agriculture technology on household welfare in Zambia*. *Agricultural Economics* 47(6): 729-741.
- Alwang, J. and Sowell, A. 2010. *Socioeconomic factors affecting soil and water conservation in South America*. Chapter 18 (pp. 305-319) in Ted Napier, ed *Human Dimensions of Soil and Water Conservation*. Nova Science Publishers: Hauppauge NY.

- Barrera, V.; Barrowclough, M.; Domínguez, J.; Delgado, J.; Stehouwer, R.; Gallagher, R. and Alwang, J. 2016. *Conservation agriculture on steep slopes in the Andes: Promise and obstacles*. Journal of Soil and Water Conservation, 71(2): 91-102.
- Barrowclough, M. and Alwang, J. 2017. *Farmer preferences for conservation agriculture attributes: A choice experiment from Ecuador*. Environment, Development and Sustainability, in press.
- Buck, S. and Alwang, J. 2011. *The impact of trust on learning: Results from a randomized field experiment in Ecuador*. Agricultural Economics, 42(6): 685-699.
- Farris, J.; Larochelle, C.; Alwang, J.; Norton, G. and King, K. 2017. *Poverty analysis using small area estimation: An application to conservation agriculture in Uganda*. Agricultural Economics 48(6): 671-681.
- Feder, G.; Just, R. and Zilberman, D. 1985. *Adoption of agricultural innovations in developing countries: A survey*. Economic Development and Cultural Change 33(2):255-298.
- Giller, K.; Witter, E.; Corbeels, M. and Tittoneli, P. 2009. *Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: The heretics' view*. Field Crops Research 114(1):23-34.
- Knowler, D. and Bradshaw, B. 2007. *Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research*. Food Policy 32:25-48.
- Larochelle, C.; Alwang, J.; Travis, E.; Barrera, V. and Domínguez, J. 2017. *Did you really get the message? Using text reminders to stimulate adoption of agricultural technologies*. Journal of Development Studies, in press.