

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES
DOCTORADO EN ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES**

**DISERTACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE DOCTOR EN
ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES**

**VIABILIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CON RIEGO
INFORMAL EN MONTAÑA**

ALVARO MARTÍN GUTIÉRREZ MALAXECHEBARRÍA

DIRECTOR: JAIME FORERO ÁLVAREZ, Ph.D.

Bogotá, septiembre de 2014

AGRADECIMIENTOS

Han sido tantas las personas que han colaborado de alguna manera al desarrollo de esta tesis y sin cuya colaboración no se habría podido hacer en iguales condiciones y tantísimas las circunstancias en que se desarrolló, que resulta muy difícil hacer un listado de agradecimientos. Aun así, a riesgo de olvidar a algunas personas, a quien pido disculpas, agradeceré a algunos.

A Jaime Forero Álvarez, director de esta tesis doctoral, quien invirtió incontables horas para sacar adelante este proyecto. Siempre estuvo dispuesto a ayudarme, a discutir y resolver los problemas que se presentaron durante el día a día de la investigación. Su apoyo fue mucho más allá del que se espera de un director doctoral, aprendí de su amplísima visión del mundo, de sus calidades académicas y de investigador y valoré muchísimas de sus virtudes como ser humano.

A Sonia y a Miguel Ángel; compañeros de este viaje, mi núcleo más cercano por su paciencia, por iluminar el camino al tornarse oscuro, por dar tranquilidad a mi turbada alma y la pasión necesaria para continuar. Además, a Sonia por sus múltiples revisiones de estilo y traducciones que la involucraron inocentemente en la ruralidad académica.

Evidentemente, este proyecto no se habría podido realizar sin un fuerte y comprometido apoyo local. Así que siento que incluso un infinitas gracias se quedaría corto para expresar mis sentimientos a la comunidad de Fómeque por su apoyo, que no solo me brindó un terreno de estudio abierto y receptivo, sino que también me transformó en lo personal y me permitió comprender a mayor profundidad los quereres, motivaciones y vínculos de las comunidades rurales, además de haberme permitido conocer su maravillosa gastronomía, en especial la basada en maíz, sagú y cuajada. De entre toda la gente de Fómeque que me ayudó, deseo mencionar en especial a Don Gustavo Mancera, quien con su sabiduría y profundo conocimiento de la comunidad (y perros de la vereda Susa), me facilitó entrar a una zona que yo ni siquiera imaginaba, logrando que la comunidad me recibiera rápida y fácilmente abriendo un ciclo de sucesos y de sinergias que además facilitaron mi entrada a otras veredas y a las oficinas públicas del municipio.

A la comunidad de la vereda Susa, en especial a los habitantes del sector el Juncal. A ellos otro millón de gracias; a Evelio Méndez, presidente de la junta de la vereda y poseedor de una inteligencia y generosidad en el conocimiento superior, a su esposa Argenis y a su abuelo, quien me enseñó que el 9 de abril de 1948 ya se cultivaba tomate en la zona. A los esposos Luis Hernando Méndez y Liria Acosta y a sus hijos Fabián y Yeison quienes me recibieron siempre como a un viejo amigo de la casa, me ayudaron a hacer el empadronamiento de la zona y alimentaron durante ese tiempo; y a los hermanos Carlos Enrique y Jairo Rincón y a sus esposas Maria Nelba y Lucía, quienes me permitieron comprender la complementariedad y complejidad de las actividades familiares y de los cultivos comerciales y de autoconsumo.

A los miembros de los distritos de riego de Asoucoacha, Rionegro y Rioblanco por permitirme entrar en sus predios y en sus vidas. A Nohora Carrión, gestora de muchísimas soluciones rurales, conocedora a profundidad de la realidad rural local, presidenta del Distrito Asoucoacha, guerrera de la vida y poseedora de todas las soluciones a los problemas logísticos que se me presentaron en la zona de estudio, con su generosidad se me abrieron otras mil puertas más. Su energía y compromiso la llevó a asesorar nuevas propuestas de adecuación y formalización de Distritos de Riego en el Oriente de Cundinamarca; a don Eliseo Acosta, excelente guía, persona conocida, respetada y apreciada en varias veredas, que me hizo batir mi propio récord de desplazamiento a pie en un día, profundo conocedor de la zona, poseedor de la extraña virtud de intervenir en las entrevistas para ajustar, acotar y corregir al entrevistado sin interrumpir el buen flujo de la misma,

persona de gran generosidad, a su hija Nubia por su buen juicio y compromiso durante la realización de las encuestas y a su esposa y demás hijos que me recibieron con gran simpatía cada vez que llegaba a interrumpir sus actividades cotidianas.

A Ricardo Flórez, músico, agricultor y fontanero de Asoucoacha, por su invaluable guianza, explicaciones hidráulicas y sociales, dadas con gran sabiduría y sutileza. Dueño también de una inteligencia y comprensión de la realidad extraordinarias.

A los miembros de Asoucoacha y de Asocaquinal. Sebastián Cotrino, presidente y gestor de Asocaquinal, tipo de emprendimientos en los que considero debe estar buena parte del futuro de la gestión de los recursos hídricos del país; al Dr. Hernando Rodríguez; a Carlos Cuéllar académico enamorado de la zona y a su mamá, exquisitos contadores de historias, ellos además de hacer aún más amena mi estadía en su casa, me permitieron comprender mejor la zona, con infinitas y deliciosas anécdotas; a Héctor Sabogal, presidente de RioBlanco y a Javier Guevara, presidente de Rionegro, por comprender la importancia de mi investigación y facilitarme el acceso a los distritos que presiden.

A personas que me colaboraron en la investigación, Carina Shuh quien con su juicioso ritmo teutón me hizo avanzar frenéticamente durante dos meses; a Jerson González Umaña y a Julián Jiménez, por su apoyo en múltiples tareas durante el primer semestre de 2014, además, al primero por su iniciativa y por la conexión casi inmediata que logró con los habitantes de varias veredas de Fómeque, su amor y compromiso con la zona me llenó de ilusión al sentir que dejó alguna semilla investigativa, además me ayudó inmensamente con la edición de mil cosas de este documento. A un brillante grupo de estadísticas que me apoyaron en prácticamente todas las etapas del trabajo, ellas son, por orden de aparición: Jennifer Galeano, Mabellin Villareal, Amaranta Carrillo y Dora Suárez.

A los profesores de la Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, por enriquecer mi espíritu investigativo y por cumplir, con su bagaje y disponibilidad, la promesa de ofrecer un entorno en el que se puede ver el mundo con un enfoque interdisciplinario.

En lo personal, me fue posible soportar económicamente los estudios de doctorado gracias a un crédito educativo condonable de Colciencias, en el marco de la convocatoria científica nacional para el apoyo a través de los programas de doctorados nacionales número 494 de 2009.

Los costos de la investigación doctoral fueron asumidos por la Pontificia Universidad Javeriana, gracias a haber sido beneficiados con la “Convocatoria interna año 2009, financiación de proyectos de investigación como apoyo a los programas de doctorado de la Pontificia Universidad Javeriana”, la propuesta presentada se denominó “Impacto económico del riego informal en los sistemas de producción agropecuarios de ladera en la Región Andina Colombiana”. Gracias a la Universidad y al personal que soportó administrativamente el proyecto, en particular, dentro de nuestra facultad, a Clara Inés Monroy, a Carlos Villamizar, a Fabiola Mendoza y a Martha Castro, la oportuna gestión de este grupo de personas posibilitó contar con los recursos a tiempo y tener claridad de los trámites a desarrollar.

A un grupo de franceses que me permitieron poner en perspectiva mi estudio y por mostrarme nuevas herramientas metodológicas. Ellos son: Thomas Houet, Alexandra Angeliaume-Descamps, Jean Paul Metaillie, Anne Peletier y Jean Christian Tulet, del laboratorio GEODE de la Universidad de Toulouse; Simon Prime amigo muy querido con quien compartimos intereses académicos; y finalmente a Pyerre Gay, agricultor del Armañac que me mostró su realidad como agricultor y como miembro de una comunidad rural.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 AGRICULTURA FAMILIAR CON RIEGO INFORMAL EN MONTAÑA ..	16
Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands	17
Introduction	19
Irrigation in Latin America	20
Methodology	27
Results	29
Conclusions	33
References	34
Formal and Informal Irrigation in the Andean Countries. An Overview	39
Introduction	41
Irrigation management in the Andean countries	43
An overview to irrigation systems	45
Conclusions	56
References	57
Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation	65
Introduction.....	65
Informal irrigation: a literature review	66
Methods	66
Results and discussion	67
Acknowledgments	72
References	72
FOTOGRAFÍAS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS CITADAS	74
CAPÍTULO 2. EFICIENCIA ECONÓMICA E HÍDRICA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIARES CON SISTEMAS DE RIEGO COMUNITARIOS EN LOS ANDES	78
1. CONSIDERACIONES INSTITUCIONALES EN SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR IRRIGADA.....	79

2. INDICADORES	81
3. FÓMEQUE UNA AGRICULTURA FAMILIAR EXITOSA.....	84
3.1 Localización	84
3.2 Desarrollo agrícola Fomequeño.	86
3.3 Dinámica de la irrigación	94
4. METODOLOGÍA	109
4.1 Acercamiento	109
4.2 Empadronamiento	109
4.3 Muestreo.....	109
4.4 Levantamiento de los sistemas de producción	111
4.5 Procesamiento de los datos	112
4.6 Ampliación de la explicación y predicción del comportamiento de sistemas agrícolas irrigados en ladera	114
5. RESULTADOS.....	117
5.1.Estadísticas descriptivas y eficiencias económicas	119
5.2.....	
Caracterización, explicación y predicción del comportamiento de sistemas agrícolas irrigados en ladera.....	134
6. UN BALANCE DE LA DINÁMICA ECONÓMICA DE LA AGRICULTURA FAMILIAR IRRIGADA DE MONTAÑA.....	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
CONCLUSIONES GENERALES	149
REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES	153
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 1. AGRICULTURA FAMILIAR CON RIEGO INFORMAL EN MONTAÑA.

Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highland

Tabla 1. Sources where data were obtained from.....	27
--	----

Tabla 2. Irrigation in Latin-America summary table.....	31
--	----

Formal and Informal Irrigation in the Andean Countries. An Overview

Tabla 1. Some data about irrigation and agriculture in Andean Countries.....	51
---	----

Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation

Tabla 1. Principal Correlations.....	70
---	----

CAPÍTULO 2. EFICIENCIA ECONÓMICA E HÍDRICA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIARES CON SISTEMAS DE RIEGO COMUNITARIOS EN LOS ANDES

Tabla 1. Principales características de los sistemas de producción familiares de Fómeque de 1940 a 2012.....	96
---	----

Tabla 2. Principales características de los sistemas de riego en Fómeque, de 1940 a 2012.....	97
--	----

Tabla 3. Caracterización de los sistemas de riego estudiados.....	108
--	-----

Tabla 4. Criterios tenidos en cuenta para clasificar a un productor como mediano de acuerdo al área cultivada en el año.....	113
---	-----

Tabla 5. Proceso de muestreo.....	118
--	-----

Tabla 6. Distribución de casos según las clasificaciones.....	119
--	-----

Tabla 7. Estadísticas descriptivas.....	120
--	-----

Tabla 8.1. Eficiencia económica.....	123
---	-----

Tabla 8.2. Eficiencia económica.....	125
---	-----

Tabla 9. Valores de las principales variables que caracterizan cada grupo de sistemas de producción.....	132
---	-----

Tabla 10. Verificación de supuestos de los modelos.....	135
--	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 0-1. Participación de la agricultura familiar en el valor de la producción y en el empleo agrícola en algunos países de América Latina. 1

CAPITULO 1. AGRICULTURA FAMILIAR DE MONTAÑA CON RIEGO.

Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highland

Figure 1. Historic variation of areas equipped for irrigation in Latin America (1961-1997; 1998*). 21

Figure 2. Percentage of areas equipped for irrigation which are effectively irrigated in Latin America (1990-1999) 22

Figure 3. Family farming participation in agricultural production and employment value for some Latin American countries 25

Figure 4. A descriptive scheme of data handling (methodology) 29

Figure 5. Family farming irrigated areas in Latin-American highlands 30

Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation

Figure 1 How information was collected in each municipality under study 68

Figure 2 Altitudinal distribution of informal irrigation in the Colombian Andes 70

CAPÍTULO 2. EFICIENCIA ECONÓMICA E HÍDRICA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIARES CON SISTEMAS DE RIEGO COMUNITARIOS EN LOS ANDES

No se encuentran elementos de tabla de ilustraciones.**Figura 2-1.** Localización del municipio 84

Figura 2-2. Esquema de configuración del paisaje en el municipio de Fómeque 85

Figura 2-3. Histograma de precipitación media mensual 86

Figura 2-4. Localización de zonas de estudio. 107

Figura 2-5. Primer plano factorial después de la clasificación por el método de Ward. 110

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Valles altoandinos, Mérida, Venezuela.	74
Foto 2. Sistema de riego autodiseñado por aspersor en vereda Montebello, Cali, Colombia, para cultivos de cebolla larga y cilantro.	75
Foto 3. Cultivos irrigados de hierbas aromáticas, vereda La Olga, Cali, Colombia.	75
Foto 4. Vereda la Hormas, cultivos de frijol y arracacha, Cajamarca, Colombia.	76
Foto 5. Riego por aspersión, Cajamarca, Colombia.	76
Foto 6. Sector de la vereda Susa, Fómeque, Colombia. Invernaderos para tomate y cultivos de hortalizas a campo abierto.	77
Foto 7. Instalación de sistema asociativo de riego, Vereda Susa, Fómeque, Colombia.	77
Foto 8. Vista panorámica de la zona.	85
Foto 9. Extracción de almidón de sagú. Toda la familia y eventualmente, algunos vecinos participan.	87
Foto 10. Fumigación de cultivos de pimentón.	87
Foto 11. Complementariedad de actividades dirigidas al mercado y al autoconsumo. Vaca pastoreando cerca de un invernadero para cultivo de tomate, al fondo cultivos de maíz, sagú y algunas plantas de plátano.	93
Foto 12. En primer plano terreno en descanso después de un cultivo de maíz (para autoconsumo) que se instaló después de un cultivo de habichuela (dirigido al mercado), del que se observa el tutorado. Al fondo, mosaicos de cultivos y casco urbano de Fómeque.	93
Foto 13 y 14. Trabajadores familiares y contratados “colgando habichuela”. Trabajo familiar en selección y empaque de tomate.	94
Foto 15. Tomas de agua para riego desde un reservorio.	99
Foto 16. Masificación de invernaderos para cultivos de tomate. Fómeque, Colombia.	100
Fotos 17 y 18. Bocatoma (izquierda) y paso a nivel tubería Distrito de riego Asoucoacha.	102
Foto 19. En primer y segundo planos cultivos de habichuela en vereda Ucuatoque.	102
Fotos 20 y 21. Pasos elevados de multiplicidad de redes de sistemas de riego Rionegro y Rioblanco.	104
Fotos 22 y 23. Riego manual de habichuela en la vereda Rionegro y aspecto de las bocatomas de los sistemas Rionegro y Rioblanco.	104
Fotos 24 y 25. Izquierda, instalación de sistema asociativo de riego en la Vereda Susa y familia de Susa haciendo mezcla manual de fertilizantes para aplicarlo a cultivos de tomate bajo invernadero utilizando un sistema de riego por goteo.	106
Fotos 26 y 27. Cruces de redes de tuberías para sistemas de riego informal.	106

ANEXOS

ANEXO 1. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 1 FORMULARIO PARA RECOLECCIÓN DE EXPERIENCIAS DE RIEGO INFORMAL	162
ANEXO 2. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 2. FORMATO DE EMPADRONAMIENTO	166
ANEXO 3. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 2. FORMULARIO LEVANTAMIENTO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	168
ANEXO 4. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 2. CONSTRUCCIÓN DETALLADA DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE	201

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en América Latina la agricultura familiar ha tenido una gran importancia en la producción y en el abastecimiento interno. Tal es su importancia y fortaleza que según FAO (2014), en América Latina y el Caribe el 80% de las explotaciones agrícolas son consideradas como sistemas familiares y es el principal generador de empleo agrícola y rural (60 millones de personas). En la figura 1 se muestra su aporte al valor de la producción y al empleo agrícola en algunos países de la región. Estos son datos generales que deben leerse con mucho cuidado, pues no muestran la gran variabilidad que se da entre distintos países e incluso al interior de los mismos.

Si bien, cerca del 55% de la población rural latinoamericana vive en la pobreza, índice superior al reportado para la población urbana (David, Dirven, & Vogelgesang, 2000), se ha demostrado que los sistemas agrícolas familiares latinoamericanos tienen un gran dinamismo que les ha permitido, no solo sobrevivir sino fortalecerse en situaciones de crisis agrícola. Además se debe destacar que los campesinos han hecho aportes importantes a las economías y a las sociedades nacionales y en algunos casos sus ingresos son muy superiores a los generados por sectores urbanos

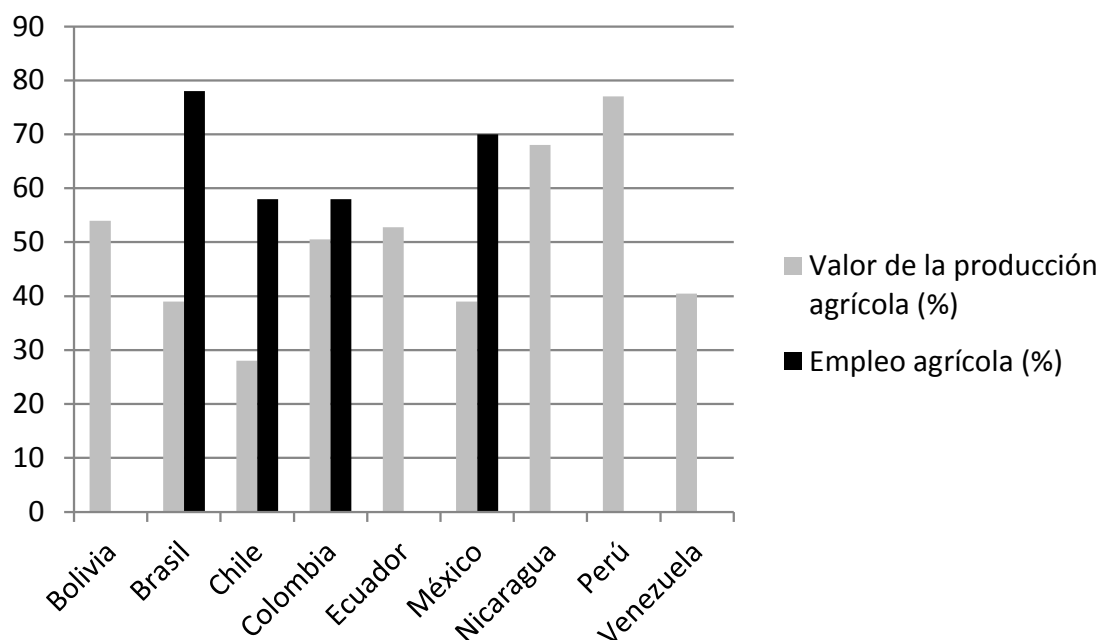


Figura 0-1. Participación de la agricultura familiar en el valor de la producción y en el empleo agrícola en algunos países de América Latina. (Elaboración propia con datos de Forero Álvarez et al. (2011) Para valor de la producción en periodo 2004 – 2008 para Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela y de FAO (n.d.) para la totalidad de datos de Brasil, Chile, México y Nicaragua y para empleo agrícola de Colombia)

Como se ilustra en la figura anterior, la agricultura familiar ocupa un papel preponderante en el sector agrícola total, por ejemplo, en Chile o Colombia genera algo más de la mitad de los empleos agrícolas, mientras que en México y Brasil es responsable de alrededor del 70% de dichos empleos. Su participación en el valor de la producción agrícola es mayoritaria en los casos de Bolivia (54%), Colombia (50,5%), Ecuador (52,8%), Nicaragua (68%) y Perú (77%); en los demás países también es importante: Venezuela (40,5%), México y Brasil (39%) y Chile (28%). El hecho de que el porcentaje de empleos generados sea mayor a los de la participación en la producción, puede entenderse como que la agricultura familiar tiene una mayor capacidad de generar empleo que la de los otros sectores agrícolas y muestra su capacidad de aportar a la mejora de las condiciones de los habitantes de cada país.

El vigor mostrado por la agricultura familiar se debe, entre otros, a su capacidad de adaptación que le ha permitido sobrevivir y fortalecerse (sin desconocer que existen casos de agricultores pauperizados) en un entorno cambiante. La fortaleza de los productores agrícolas familiares permitió que a lo largo de la década de los noventa, crítica para las economías latinoamericanas (época durante la cual se impuso la mayor parte de las medidas neoliberales), el área de la economía campesina sufriera variaciones menos fuertes que la de la capitalista (Forero Álvarez, 2010).

La agricultura familiar latinoamericana está sujeta a dos fuerzas, aparentemente contrarias, por parte del estado. La primera, resultado de las políticas neoliberales que enfrentaron al sector, mediante la apertura al comercio internacional, a la competencia con productos importados, en un contexto de retracción del estado en que se incluye la disminución (o desaparición) de su rol como administrador de algunos recursos comunes (marco en que se encuentran los procesos de transferencia de los distritos de riego a los usuarios) y el debilitamiento de los programas de apoyo técnico a los agricultores. La segunda fuerza, contrapuesta a la anterior, y que parece ser un paliativo a los problemas causados por la implementación de los procesos anteriores, busca mejorar la situación de los productores rurales mediante programas que incentivan su empoderamiento social, su eficiencia productiva, la integración a los mercados y que otorgan subsidios.

Se ha demostrado que los agricultores familiares logran superar exitosamente las difíciles coyunturas económicas y que se adaptan con rapidez a los condicionamientos de entornos cambiantes; por ejemplo, los cafeteros familiares colombianos han soportado y superado mejor las crisis que los empresariales; en razón a ello, su participación aumentó del 45% en el periodo 1990-1992 al 78% en el periodo 1999-2000 (Forero Álvarez, 2010); otros procesos de adaptación recientes pueden observarse en que algunos productores se han enfocado en atender las demandas de mercados especializados, por ejemplo, Hecht (2010) muestra el caso de frutos amazónicos y maderables sostenibles. Varios ejemplos adicionales de adaptación pueden encontrarse, para el caso de los países andinos, en Forero Álvarez et al. (2011) entre los que se mencionan el café y cacao certificado producido en la amazonia boliviana y ecuatoriana; el ajuste de sistemas ancestrales tradicionales como la rotación de cultivos o el uso de terrazas y un muy completo inventario de experiencias de agricultura sostenibles o alternativa.

Entre las características de los sistemas de producción agropecuarios familiares con mayor éxito económico están su integración a los mercados, la apropiación de nuevas tecnologías y la predisposición a maximizar los ingresos y a minimizar los riesgos (Lamarche, 1992; Llambí Insua, 1998) bajo criterios de optimización en los que valorizan predominantemente la mano de obra

familiar y el capital monetario invertido y, en algunos casos, la tierra (Arango Restrepo, Mesa Ochoa, Rhenals Monterrosa, & Velásquez Botero, 1991); igualmente, como se mostró un poco antes, los sistemas de producción agropecuarios familiares presentan una gran resiliencia, pues tienen una alta capacidad de adaptarse a los cambios y de absorber choques conservando su estructura y función (Corrales Roa & Estévez Moreno, 2008 citando a Walker y Salt, 2002).

Esta capacidad de adaptación, de adopción o ajuste tecnológico y de integración a la sociedad de mercado es de vieja data y se evidencia en las muchísimas formas particulares que adopta la agricultura familiar; entre los casos más antiguos podemos mencionar la caficultura¹ que tempranamente se desarrolló en gran parte de la América Latina tropical con el fin principal de abastecer los mercados externos.

Se ha encontrado que, en general los agricultores familiares se adaptan a las condiciones cambiantes y que, para algunos productos son más eficaces que los productores intensivos, pues pueden cultivar con mayor atención (Haubert, 1999: 19). Entre los casos de agricultores familiares que se han integrado exitosamente a los mercados se encuentra el de Fómez, en Colombia, lugar en el que se realizó el trabajo de campo a profundidad. En esta zona se observan procesos de evolución muy interesantes, sorprendentemente semejantes a la visión y características presentadas para Puebla, en México, por Ramírez Juárez (2014a, 2014b) entre las que se encuentran: la combinación de trabajo familiar y contratado; una producción destinada principalmente al mercado, complementada con producción de autoconsumo que se ha vuelto marginal, sin desaparecer del todo; la posesión de medios de producción por parte de los productores; la conservación de una red de cooperación muy importante al interior de las comunidades; y la consolidación de asociaciones entre distintos actores, orientadas a favorecer la circulación de los medios de producción.

Por otro lado, no podemos desconocer que existen sectores de productores rurales con características distintas a las discutidas, es decir que privilegian el autoconsumo y se marginan de los mercados, tal como lo había teorizado Chayanov (1974) y lo ilustra con numerosos ejemplos actuales van der Ploeg (2010).

Lamarche (1992) después de haber hecho un desarrollo teórico en el que definió 4 tipologías de productores y analizó numerosos casos de estudio en el mundo, demostró que no hay modelos puros, que todas las explotaciones se encuentran en puntos intermedios entre los modelos definidos: explotación campesina o de subsistencia, explotación familiar moderna, empresa familiar y modelo empresarial. Mostró además que estos modelos pueden convivir y articularse funcionalmente, en lo que él llamó una realidad polimórfica. Aunque hay heterogeneidad, los productores fomezanos, que son un tipo especial de la realidad polimórfica, estarían cercanos a lo que Lamarche (1992) definió como empresa familiar, es decir que viven por y para el mercado y que sus lógicas son familiares. Adicionalmente, podría pensarse que se asemejan a la pequeña producción capitalista teorizada por Llambí Insua (1998: 13) como “una diversidad de formas productivas basadas en relaciones de trabajo entre el propietario, sus familiares y obreros asalariados que generan excedentes financieros. Excedentes que, al ser reinvertidos en la misma unidad productiva, generan incrementos en la escala de medios empleados en el proceso productivo”.

Trabajos anteriores a éste, entre los que se encuentran Forero Álvarez & Rudas (1983); Forero Álvarez et al. (2002); Torres Guevara (2002) y Zandstra, Swanberg, Barry, & Zurberti (1979) muestran que en Fómez, en especial en el rango altitudinal localizado entre los 1800 y 2100 m, se

¹ Sin desconocer que, además de la caficultura de productores familiares, también han existido amplios sectores de caficultura hacendataria y agroindustrial, que en algunos países pueden llegar a ser mayoritarios.

observa una zona en la que los agricultores han desarrollado sistemas agrícolas intensivos en trabajo y en el uso de agroquímicos que les permiten viabilizar pequeñas extensiones de tierra gracias a la implementación de cultivos hortícolas, obteniendo remuneraciones muy superiores a su costo de oportunidad. Adicionalmente, se destaca en la zona la complementariedad entre la producción dirigida al mercado y al autoconsumo. Este éxito se soporta en intrincados y largos procesos y acuerdos para acceder al agua (Angeliaume-Descamps & Gutiérrez-Malaxechebarría, 2014; Drouilleau, 2010) y se ha potenciado con innovaciones relativamente recientes, como los invernaderos (Tulet & Gutiérrez-Malaxechebarría, 2014).

Estos agricultores han intensificado la producción agrícola aumentando notablemente sus ingresos netos y rentabilidades, potenciando sus ventajas locales en una fuerte interacción con los mercados. En este trabajo se mostrará cómo ha sido su evolución, en relación con el acceso al agua de riego, desde la primera mitad del siglo XX. Entre las características de este tipo de productores está la adaptabilidad, el cambio constante en las estrategias de organización del sistema y su relación con el medio. Los procesos observados y la realidad actual evidencian que los productores, a la vez que muestran una amplia empresarización, conservan el carácter familiar y rasgos campesinos, contrario a lo predicho por Llambí Insua (1998), quien decía que los cambios técnicos, institucionales y la integración a los mercados implicaban el abandono de la condición campesina. Hemos considerado que se evidencian procesos de empresarización sin descampesinización.

Los buenos resultados económicos obtenidos por los productores familiares analizados y las evidencias de otros casos, nos permiten comprobar una de las hipótesis de Mellisaux (1999) (que él consideraba altamente improbable); decía que si la monetización de los sistemas agrícolas familiares aumentara los precios de los alimentos impulsaría a los campesinos a dedicarse a la agricultura y aumentaría el precio de la fuerza de trabajo. Observamos que su éxito ha permitido, entre otros aspectos, monetizar sus sistemas.

En buena parte de los casos, las estrategias de éxito de los agricultores familiares se soportan en la adopción, a pequeña escala, de los paquetes de la Revolución Verde como respuesta a la ampliación de los mercados. Han apropiado numerosos cultivos de renta (muchos de ellos con semillas mejoradas y uso intensivo de agroquímicos), entre los que pueden citarse, por ejemplo, la incorporación de variedades de café caturra en Colombia y en Costa Rica (Dufumier, 2004) dirigidos a los mercados internacionales; también han sabido satisfacer los, más o menos recientes, cambios en las demandas urbanas de sus propios países al incursionar en la producción de flores, hortalizas y frutales.

La ubicación geográfica de los distintos tipos de cultivos puede depender de múltiples factores entre los que se destacan la presencia de infraestructura de transporte, la cercanía a los centros de consumo o comercialización y las condiciones climáticas. Por lo general, la expansión de cultivos como hortalizas, frutales o flores, ha sido especialmente notoria en las zonas montañosas, donde la favorabilidad climática, dada por la variación altitudinal, ha permitido el desarrollo de un importante sector hortícola en las tierras altas de los países tropicales, donde el clima, con temperaturas más frescas que en las tierras bajas y sin variaciones importantes durante el año, ofrece un medio físico y sanitario que favorece cultivos frágiles, potenciado por elementos de la Revolución Verde como la utilización de agroquímicos y de riego que favorecen tener cosechas durante todo el año.

El riego permite suavizar los impactos de la variabilidad hidrológica y climática sobre la producción de alimentos, aumentando la disponibilidad de agua, tanto temporal como espacialmente; con ello se logra la intensificación de las actividades agrícolas y la expansión de áreas de cultivo. Desde

1960 la producción de alimentos, en el planeta, se ha duplicado, requiriendo para esto solamente un aumento en las áreas de cultivo del 10% (Etter, McAlpine, Wilson, Phinn, & Possingham, 2006). Por lo tanto, el riego juega un papel crucial en la seguridad alimentaria global, en el mejoramiento del nivel de vida y en el impulso del crecimiento económico (Turrall, Svendsen, & Faures, 2010).

Debido a sus ventajas, los sistemas de riego han sido impulsados por varios actores entre los que puede mencionarse a las agencias estatales de desarrollo agrícola, a las casas comerciales de insumos agrícolas, a los mismos regantes y más recientemente a las agencias de cooperación. Procesos y actores que han dado lugar a dos grandes sectores de riego; el formal y el informal, sin desconocer que entre estos dos existe uno al que en este estudio hemos llamado riego semi-formal.

Los sistemas de riego formal han sido desarrollados cumpliendo con toda la normatividad estatal, diseñados bajo criterios de ingeniería, acceden al agua a través de concesiones otorgadas por las autoridades estatales que regulan el acceso al agua y están formalmente constituidos y reconocidos por el estado; estos sistemas pueden ser de origen estatal o privado.

Como se verá, muchos productores, principalmente pequeños y medianos, han desarrollado por su propia iniciativa sistemas de riego informal, es decir sin cumplir los requerimientos formales y no están reportados en las estadísticas nacionales. En cuanto a los sistemas semi-formales puede decirse que cumplen solo parcialmente con algunas de las características de los sistemas formales.

Buena parte de los sistemas de riego de montaña se abastecen de cursos superficiales, cuya vulnerabilidad a los cambios de las precipitaciones y pequeños caudales, aunados a infraestructuras que no se han concebido con criterios de ingeniería (particularmente en los sistemas informales y semi-formales), facilitan la aparición de conflictos por el acceso al agua e impiden el óptimo uso del recurso. Estas circunstancias han dado lugar a la aparición de múltiples tipos de instituciones para administrar el agua.

La diversa distribución geográfica de sistemas de riego y la variabilidad de estos sistemas, es una muestra de la amplia capacidad de adaptación a los mercados y de apropiación de tecnologías de los sistemas de producción agrícolas familiares, dentro de los procesos de modernización de la Revolución Verde. Estas mismas tendencias las han constatado para algunos países andinos los estudios de Auroi & Maurer (1998); CERAMAC (2003); Dufumier (2004); Haubert (1997) y Malassis (2004), quienes evidencian la integración de amplios sectores del campesinado al abastecimiento de los mercados nacionales, dentro de un proceso de modernización, típico de la Revolución Verde y al crecimiento de la demanda urbana por hortalizas y frutas, productos que típicamente requieren de riego, como ya se ha expuesto.

Se ha mostrado que en las zonas montañosas la agricultura familiar irrigada, generalmente orientada a la producción de cultivos altamente rentables, es una estrategia clave en la viabilización de la economía agrícola familiar (Forero Álvarez, 1999) y un agente importantísimo en la economía agrícola colombiana (Arango Restrepo et al., 1991), pero a pesar de ello, no se han estimado los impactos que puede tener el acceso al agua por medio de distintos sistemas de riego.

Existen observaciones que permiten suponer que, generalmente, las decisiones de riego por parte de los agricultores familiares se basan más en la disponibilidad del recurso que en los requerimientos de agua de los cultivos, es decir que el volumen de agua suministrado a los cultivos no obedece a recomendaciones técnicas, sino a la cantidad disponible, por lo tanto, en muchos casos los consumos de agua son muy superiores a los verdaderamente requeridos, generando además de presiones innecesarias sobre el recurso agua limitaciones en la disponibilidad para los demás

usuarios del sistemas (evidenciada en la aparición de conflictos), problemas en el crecimiento de los cultivos y disminución en sus rendimientos, lo que nos lleva a definir la hipótesis de investigación que se responderá cumpliendo con los objetivos definidos.

Hipótesis

La incorporación de la agricultura irrigada viabiliza económicamente los sistemas agrícolas familiares y favorece la evolución de los mismos, pero quienes se abastecen de sistemas de irrigación informal perciben beneficios económicos inferiores y mayor grado de conflicto para acceder al agua que los regantes formales.

Objetivos

Objetivo general: Evaluar la viabilidad económica de los sistemas de producción familiares agropecuarios de ladera con irrigación informal y los factores que permiten su permanencia y evolución.

Objetivos específicos:

- Visibilizar las dinámicas, desarrollo histórico y cubrimiento geográfico de los sistemas agrícolas familiares irrigados de ladera, en los países andinos en general y en Colombia en particular.
- Caracterizar el riego informal en ladera en Colombia.
- Evaluar la eficiencia económica de los sistemas de producción agropecuarios familiares con riego formal, semi-formal e informal en ladera.
- Identificar los factores que inciden en la generación de ingresos en sistemas de producción familiares irrigados en ladera.

Con el fin de ponderar, ilustrar las dinámicas, desarrollo histórico y cubrimiento geográfico de los sistemas agrícolas familiares irrigados de ladera y en particular de los de carácter informal, en el capítulo 1 se abordó el tema en tres escalas complementarias, como la compilación de tres artículos producto del desarrollo de esta tesis, que van de lo más amplio a lo particular. Primero, en Gutiérrez-Malaxechebarría, Prime, & Revillion (2013), gracias a la utilización de metodologías cartográficas, se confirma la amplia presencia de los sistemas agrícolas familiares irrigados de montaña en todas las subregiones de América Latina; a continuación, en el segundo artículo (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2014) se hace una revisión histórica que permitió comprender la realidad observada, para ello se utilizó una revisión empírico-teórica del desarrollo de la agricultura irrigada en los países andinos, se muestra que los procesos históricos permitieron que en la actualidad se evidencien dos sectores de riego, uno principalmente formal en las tierras planas bien interconectadas y uno de riego informal desarrollado, principalmente, en las laderas andinas por agricultores familiares en un contexto de pluralidad institucional. Finalmente, en Gutiérrez-Malaxechebarría (2013) se evidencia la existencia y características del riego informal en Colombia, el cual no había sido estudiado ni identificado, para ello se hizo un inventario parcial de experiencias, que combina análisis estadístico, cuestionarios, visitas a terreno y entrevistas. El amplio cubrimiento geográfico logrado permitió confirmar la basta distribución geográfica de este tipo de riego en las zonas montañosas colombianas y su soporte en la coexistencia de distintos tipos de normas, además de generar una definición particular para el término riego informal.

En el segundo capítulo decidimos profundizar en una zona de estudio en donde la agricultura irrigada ha sido definitiva en la construcción de la prosperidad de los agricultores familiares; para ello se escogió, como ya se sabe, el municipio de Fómeque en Colombia, en donde coexisten sistemas de irrigación formal, informal y semi-formal. El desarrollo agrícola e institucional del riego en la zona fue estudiado, además, fue necesario estudiar el riego formal como grupo de control.

Se evaluaron, para los tres tipos de sistemas de riego, las eficiencias económicas y de control de conflictos por el acceso al agua, buscando comprender, explicar y predecir el comportamiento de los sistemas de producción agropecuarios familiares bajo la interacción de variables económicas, de acceso al agua e institucionales utilizando varias estrategias entre las que se destacan la construcción de modelos de regresión lineal múltiple y la caracterización, mediante análisis de correspondencias múltiples, de los sistemas de producción.

Los resultados nos mostraron, en un escenario en que no hay serias limitaciones en el acceso a los factores de producción, que si bien las eficiencias económicas entre sistemas de producción no pueden ser explicadas por su vinculación a uno u otro tipo de sistema de riego, este factor si es determinante en el control de los conflictos. Lo anterior nos permite sugerir que un sistema de riego ideal deberá apropiar estrategias de los sistemas de riego formales, de los informales y de los semi-formales. Además, se encontró que el actual manejo del agua genera serias limitaciones para la continuación de la expansión agrícola

Más allá de lo anterior, se encontró que las estrategias adaptativas han favorecido la evolución de los sistemas familiares de producción intensivos, fomentando la creación de nuevas institucionalidades, disminuyendo la presencia relativa de la mano de obra familiar, incrementando los resultados económicos y favoreciendo la complementariedad entre producción dirigida al mercado y al autoconsumo, entre otros.

Esperamos que este documento permita ampliar la información y análisis sobre agricultura familiar, en particular de la irrigada en zonas de ladera. La comprensión lograda deberá llevar a la formulación de políticas e incentivos adecuados para explotar sus potencialidades sin poner en riesgo su sostenibilidad.

Publicaciones producto de esta tesis

Artículos publicados en revistas científicas

- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Formal and informal irrigation in the Andean countries. An overview. Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development), 11(74).
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation. Mountain Research and Development, 33(3), 260–268. doi:<http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1>
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A., Prime, S., & Revillion, C. (2013). Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands. Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development), 10(70), 93–114.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011). Nueva aparcería en la producción de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en Cajamarca (Colombia). Cuadernos de Desarrollo Rural, 8(67), 205–228.

Capítulos de libro

- Angeliaume-Descamps, A., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Modeles de'irrigation dans les petites systemes maraicheres des Andes Venezueliennes et Colombiennes. En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agricultura familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 171–200). Paris: L'Harmattan.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Viabilite economique des systemes de production agricoles lies a l'arracacha (*Arracacia Xanorrhiza*), Cajamarca, Colombie. En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 115–129). Paris: L'Harmattan.
- Tulet, J.-C., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Les “invernaderos” le nouveau moteur de la croissance agricole a Fomeque (Colombie). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales Roa, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 201–215). Paris: L'Harmattan.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011). ¿Monetización de la producción doméstica?: una mirada desde el caso de la producción de arracacha (*Arracacia Xanthoriza*) en Cajamarca. En C. Cortez, A. Gama, A. Gómez, M. Pérez, & C. A. Rodríguez (Eds.), *El desarrollo rural en México y Colombia: Problemas comunes y respuestas emergentes* (1ra ed., Vol. 8, pp. 69–76). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

Ponencias

- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011). Un agricultor en Fómeque, otro en el Armañac: grandes diferencias con muchos puntos en común. En VII Seminario Internacional de Desarrollo Rural, Bogotá, 2011.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2010). Aproximación a la viabilidad económica de sistemas de producción agrícolas de arracacha (*arracacia xanthoriza*). Cajamarca, Colombia. En VI Congreso del CEISAL. Toulouse.

Referencias bibliográficas

- Adams, W. M. (1990). How beautiful is small? Scale, Control and Success in Kenyan Irrigation. *World Development*, 18(10), 1309–1323.
- Angeliaume-Descamps, A., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Modelos de irrigación dans les petites systemes maraicheres des Andes Venezueliennes et Colombiennes. En T. J. . ANGELIAUME-DESCAMPS A., CORRALES E., RAMIREZ J. (Ed.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 171–200). Paris: L'Harmattan.
- Angeliaume-Descamps, A., & Oballos, J. (2009). Le maraîchage intensif irrigué dans les hautes vallées andines vénézuéliennes : quelle remise en question ? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (247), 439–468.
- Arango Restrepo, M. (1994). El cambio técnico entre los campesinos colombianos. *Academia Colombiana de Ciencias Económicas*, 12, 9–15.
- Arango Restrepo, M., Mesa Ochoa, S., Rhenals Monterrosa, R., & Velásquez Botero, J. A. (1991). *Una nueva visión de la economía campesina colombiana* (1ra ed., p. 255). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Auroi, C., & Maurer, J. (1998). Tradition et modernisation des économies rurales : Asie-Afrique-Amérique latine. Mélanges en l'honneur de Gilbert Étienne. En J.-L. Chaléard & A. Dubresson (Eds.), *Villes et campagnes dans les pays du Sud. Géographie des relations*.
- Bayona R, N. M., & Muñoz P, G. (2009). Estudio de la actividad agrícola como base para la comprensión de la dinámica socioeconómica de una comunidad rural en Fómeque , Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 273–281.
- Bejarano, J. (1998). *Economía de la agricultura*. Bogotá: TM Editores.
- Burney, J. a., & Naylor, R. L. (2012). Smallholder Irrigation as a Poverty Alleviation Tool in Sub-Saharan Africa. *World Development*, 40(1), 110–123. doi:10.1016/j.worlddev.2011.05.007
- CEDE (UNIANDES)-IGAC-Universidad de Antioquia. (2012). *Atlas de la distribución de la Propiedad Rural en Colombia*.
- CERAMAC. (2003). *Crises et mutations des agricultures de montagne*. (CERAMAC, Ed.) Colloque international en hommage au Professeur Christian Mignon. (p. 704). Clermont Ferrand: Presses universitaires Blaise Pascal.
- Chambers, R. (1980). Basic concepts in the organization of irrigation. En E. J. Walter Coward (Ed.), *Irrigation and Agricultural Development in Asia: ...* (pp. 28–50). London: Cornell Univ Press. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=EcDRbOz32sYC&oi=fnd&pg=PA28&dq=Basic+Concepts+in+the+Organization+of+Irrigation&ots=NGgzdAjtEz&sig=MwXz-9URNbYOW3x6cnxDOybIBf8>
- Chaparro Valderrama, J. (2013). *Cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del lago de Tota*. Pontificia Universidad Javeriana.

- Chayanov, A. V. (1974). *La organización de la unidad económica campesina* (p. 227). Buenos Aires: Ediciones nueva visión.
- Corrales Roa, E., & Estévez Moreno, L. (2008). *Viabilidad económico y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles y convencionales en los países andinos. Propuesta de investigación*. Bogotá.
- DANE. (2012). Boletín de prensa. Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2011. Bogotá.
- David, M. B. D. E. A., Dirven, M., & Vogelgesang, F. (2000). The Impact of the New Economic Model on Latin America's Agriculture. *World Development*, 28(9), 1673–1688.
- Dayton-Johnson, J. (2003). Small-holders and Water Resources: A Review Essay on the Economics of Locally-managed Irrigation. *Oxford Development Studies*, 31(3), 315–339. doi:10.1080/1360081032000111724
- Dembélé, Y., Ouattara, S., & Keïta, A. (2001). Application des indicateurs “approvisionnement relatif en eau” et “productivité de l’eau” a l’analyse des performances des petits périmètres irrigués au Burkina Faso. *Irrigation and Drainage*, 50(4), 309–321. doi:10.1002/ird.21
- Drouilleau, F. (2010). Familles, patrons et voisins: la gestion de l’irrigation dans la vereda de Susa (Fómeque, andes colombiennes). En *VI Congress Ceisal “Independencia-Dependencia-Interdependencia.”* Toulouse, France: CEISAL.
- Dufumier, M. (2004). *Agricultures et paysanneries des tiers mondes* (p. 598). Paris: Karthala.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 369–386.
- Fals Borda, O. (1957). *El hombre y la tierra en Boyacá: bases sociológicas e históricas para una reforma agraria* (p. 259). Bogotá: Antares.
- FAO. (n.d.). FAO Statistical Databases (FAOSTAT). Retrieved from <http://faostat.fao.org/>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de Política*. (S. Salcedo & L. Guzmán, Eds.) (p. 497). Santiago de Chile: FAO.
- Forero Álvarez, J. (1999). *Economía y sociedad rural en los Andes colombianos* (1ra ed., p. 378). Bogotá, Colombia: JAVEGRAF.
- Forero Álvarez, J. (2010). *La adaptación de los agricultores familiares colombianos a las nuevas condiciones del mercado mundial del café*.
- Forero Álvarez, J., Corrales Roa, E., Estévez Moreno, L., Correa Pinilla, D. E., Galeano Medina, J., Villareal Fuentes, M., ... Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011). *Proyecto: Viabilidad económica y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles en los países andinos. SISPAND I*. (p. 251). Bogotá.

- Forero Álvarez, J., & Espeleta, S. (2010). *Propuesta de una metodología para estimación de los ingresos agropecuarios de los hogares rurales*. Bogotá.
- Forero Álvarez, J., Garay, L. J., Barberi, F., Ramírez, C., Suárez, D. M., & Gómez, R. (2013). La eficiencia económica de los grandes, medianos y pequeños productores agrícolas colombianos. En *Reflexiones sobre la ruralidad y el territorio en Colombia, problemáticas y retos actuales* (1ra ed., pp. 69–114). Bogotá, Colombia: OXFAM.
- Forero Álvarez, J., & Rudas, G. (1983). *Producción y comercialización de productos agrícolas* (p. 425). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Forero Álvarez, J., Torres Guevara, L. E., Lozano Ortiz de Zárate, P., Durana Rimgaila, C., Galarza Guzmán, J. A., & Corrales Roa, E. (2002a). El caso de Fómeque: una larga trayectoria de innovación para el mercado. En *Sistemas de producción rurales en la región Andina colombiana* (pp. 113–163). Bogotá: Colciencias.
- Forero Álvarez, J., Torres Guevara, L. E., Lozano Ortiz de Zárate, P., Durana Rimgaila, C., Galarza Guzmán, J. A., & Corrales Roa, E. (2002b). *Sistemas de producción rurales en la Región Andina colombiana* (p. 234). Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Garrett, M., & Xut, Z. (2003). The efficiency of sharecropping: evidence from the Postbellum South. *Southern Economic Journal*, 60(3), 578–595.
- Godoy, R., Morduch, J., & Bravo, D. (1998). Technological adoption in rural Cochabamba, Bolivia. *Journal of Anthropological Research*, 54(3), 351–372.
- Gorantiwar, S. D., & Smout, I. K. (2005). Performance assessment of irrigation water management of heterogeneous irrigation schemes: 1. A framework for evaluation. *Irrigation and Drainage Systems*, 19(1), 1–36. doi:10.1007/s10795-005-2970-9
- Granados, A., & Pimentel, H. (2000). *Sistemas de riego* (1ra ed., p. 186). Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011a). Nueva aparcería en la producción de arracacha (arracacia xanthorrhiza) en Cajamarca (Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(67), 205–228.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011b). Un agricultor en Fómeque, otro en el Armañac: grandes diferencias con muchos puntos en común. En *VII Seminario Internacional de Desarrollo Rural, Bogotá, 2011*.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation. *Mountain Research and Development*, 33(3), 260–268. doi:http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Formal and informal irrigation in the Andean countries. An overview. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)*, 11(74), 75–99. doi:10.11144/javeriana.CRD11-74.fiac

- Gutiérrez-Malaxechebarria, A., Prime, S., & Revillion, C. (2013). Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)*, 10(70), 93–114.
- Hammer, Ø. (2012). *Reference manual Paleontological statistics* (p. 229). Oslo. Retrieved from http://www.nhm2.uio.no/norlex/past/past_part1.pdf
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4), 9. doi:http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Haney, E. (1971). El dilema del minifundio en Colombia. *Dualismo*, 1(1), 143–156. Retrieved from <http://www.uv.mx/iieses/Publicaciones/Dualismo1/Revista/Dualismo1Vol1Num1Articulo5.pdf>
- Haubert, M. (1997). Sociétés paysannes et développement. En *Les paysages, l'État et le marché, sociétés paysannes et développement* (pp. 9–16). Paris: Publications de la Sorbonne.
- Haubert, M. (1999). *L'avenir des paysans. Les mutations des agricultures familiales dans les pays du sud*. Tiers monde.
- Hecht, S. S. (2010). The new rurality Globalization, peasants and the paradoxes of landscapes. *Land Use Policy*, 27(2), 161–169. doi:10.1016/j.landusepol.2009.08.010
- Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez. (2014). Fundador. *Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez*. Retrieved from <http://www.idemagfomeque.com/fundador7.htm>
- Jensen, M. E. (2007). Beyond irrigation efficiency. *Irrigation Science*, 25(3), 233–245. doi:10.1007/s00271-007-0060-5
- Kloezen, W. H. (1998). Measuring Land and Water Productivity in a Mexican Irrigation District. *Water Resources Development*, 14(2), 231–247.
- Kumar, K., Satyal, G. S., & Kandpal, K. D. (2006). Farmer and state managed hill irrigation systems in Kumaun Himalayas. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 5(1), 132–138.
- Lamarche, H. (1992). *L'agriculture Familiale. II-Du mythe à la réalité* (p. 303). Paris, France: L'Harmattan.
- Laoubi, K., & Yamao, M. (2009). A typology of irrigated farms as a tool for sustainable agricultural development in irrigation schemes: The case of the East Mitidja scheme, Algeria. *International Journal of Social Economics*, 36(8), 813–831. doi:10.1108/03068290910967091
- Le Roux, B., & Rouanet, H. (2004). *Geometric Data Analysis: From Correspondence Analysis to Structured Data Analysis*. Dordrecht: Kluwer.

- Llambí Insua, L. (1998). *La moderna finca familiar. Evolución de la pequeña producción capitalista en la agricultura venezolana entre 1945 y 1983* (p. 245). Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Malassis, L. (2004). *L'épopée inachavée des paysans du monde*. Paris: Editorial Fayad.
- Mellisau, C. (1998). *Mujeres, graneros y capitales. Economía doméstica y capitalismo* (2nd ed.). Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- Ministerio de desarrollo económico, D. de agua potable y saneamiento básico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000. 200.110.171.134*. Bogotá. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Reglamento+técnico+del+sector+de+agua+potable+y+saneamiento+básico#0>
- Molden, D., Sakthivadivel, R., Perry, C. J., & Fraiture, C. De. (1998). *Indicators for comparing performance of irrigated systems. Research report 20*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Nabahungu, N. L., & Visser, S. M. (2011). Contribution of wetland agriculture to farmers' livelihood in Rwanda. *Ecological Economics*, 71, 4–12. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.07.028
- Newbery, D. M. G., & Stiglitz, J. E. (1979). The theory of commodity price stabilization rules: welfare impacts and supply responses. *The Economic Journal*, 89(356), 799–817.
- Palerm-Viqueira, J. (2006). Self-Management of Irrigation Systems , a Typology : The Mexican Case. *Mexican Studies / Estudios Mexicanos*, 22(2), 361–385.
- Perrot, C., & Landais, E. (1994). Research into typological methods for farm analysis. The why and wherefore. En *Systems Studies in Agriculture and Rural Developmen* (pp. 373–81). Paris: INRA Press.
- Posada, G. (1996). El caso de la mediería en América Latina: formas capitalistas y no capitalistas de producción agrícola. *Ciclos*, 11, 189–212.
- Ramírez Juárez, J. (2008). Ruralidad y estrategias de reproducción campesina en el valle de Puebla, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 5(60), 37–60.
- Ramírez Juárez, J. (2014a). La mutation de l'agriculture familiale dans les hautes vallees de Puebla, Mexique la floriculture a San Juan Tetla. En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J. C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (pp. 13–31). Paris: L'Harmattan.
- Ramírez Juárez, J. (2014b). Les amelioration productives a l'appui de la resistance paysanne face a la pression urbaine a Tlaltenango (état de Puebla, Mexique). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales. Colombie, Mexique, Venezuela* (pp. 33–53). Bogotá: L'Harmattan.
- Ramírez Juárez, J., & Tulet, J.-C. (2014). Les amelioration productives a l'appui de la resistance paysanne face a la pression urbaine a Tlaltenango (état de Puebla, Mexique). En A.

- Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J. C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (pp. 33–53). Paris: L'Harmattan.
- Raymond, P. (1990). *El lago de Tota ahogado en cebolla. Estudio socioeconómico de la cuenca cebollera del lago de Tota* (p. 176). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Facultad de ciencias económicas y administrativas.
- Rojas H. Manual. (1986). *Manual de riego y drenaje. Investigaciones del ICA sobre requerimientos de agua por los cultivos* (1ra ed., p. 250). Bogotá: ICA.
- Servicio integral de asesoramiento al regante Castilla La Mancha. (n.d.). No Title. *Metodología de cálculo de la evaporación del cultivo*. Retrieved June 01, 2012, from <http://crea.uclm.es/siar/metodologia/evaporacion.php>
- Sheskin, D. J. (2003). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (3rd ed., p. 1193). Boca Raton, Florida, USA: Chapman and Hall.
- Stiglitz, J. E. (1989). Rational peasants, efficient institutions, and a theory of rural organisation: methodological remarks for development economics. En P. n: Bardhan (Ed.), *The economic theory of agrarian institutions*. Oxford: Oxford: Clarendon Press.
- Svendsen, M., & Small, L. E. (1990). Farmer's perspective on irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems*, 4, 385–402.
- Torres Guevara, L. E. (2002). Autoconsumo y reciprocidad entre los campesinos andinos : caso Fómez. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 79–98.
- Trawick, P. B. (2001). Successfully Governing the Commons : Principles of Social Organization in an Andean Irrigation System. *Human Ecology*, 29(1).
- Tulet, J.-C., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Les “invernaderos” le nouveau moteur de la croissance agricole a Fomeque (Colombie). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales Roa, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 201–215). Paris: L'Harmattan.
- Turrall, H., Svendsen, M., & Faures, J. M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management*, 97, 551–560. doi:10.1016/j.agwat.2009.07.012
- Van der Ploeg, J. D. (2010). *Nuevos campesinos. Campesinos e imperio alimentarios* (1ra ed., p. 430). Barcelona: Icaria.
- Ward, J. H., J. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Wichelns, D. (1999). Economic Efficiency and Irrigation Water Policy with an Example from Egypt. *International Journal of Water Resources Development*, 15(4), 543–560.

- Yoder, R. (1994). *Locally managed irrigation systems: Essential tasks and implications for assistance, management transfer and turnover programs*. Colombo, (p. 97). Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute (IIMI).
- Zandstra, H., Swanberg, K., Barry, N., & Zulberti, C. (1979). *Cáqueza: experiencias en desarrollo rural* (p. 386). Bogotá: Centro de Investigaciones para el Desarrollo.
- Zimmerer, K. S. (2000). Rescaling irrigation in Latin America: the cultural images and political ecology of water resources. *Cultural Geographies*, 7(2), 150–175.
doi:10.1177/096746080000700202

CAPÍTULO 1

AGRICULTURA FAMILIAR CON RIEGO INFORMAL EN MONTAÑA

Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands*

Guerrero-Malaceharría, A. M., Prieto, S., & Révillon, C. (2003). Irrigated Family Farming Production in the Latin American Highlands. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10 (70), 93-114.

Alvaro-Martín Gutiérrez-Malaxechebarria^{**}, Simon Prime^{***} & Christophe Révillion^{****}

51C1: 0012-1450(201701)02:070;1-5 [HTTP://A92.c.TX:2-5](http://A92.c.TX:2-5)

Abstract

Although there are statistics and general cartography on irrigation systems in Latin America, this information does not permit to identify the irrigated family farming zones located in the highland areas. In this article we locate and quantify those zones through the use of cartographic methods that helped to identify the zones that meet three requirements: 1) they are irrigated areas; 2) they are located in zones above 1000 m; 3) Their rural population density is higher than 50 inhabitants per km². The results confirm a wide presence of this type of systems in all Latin-American sub-regions. Nevertheless, due to the restrictions of quality and updating of the information from the available sources, the results given in the present document must be taken as a guideline.

Keywords author:

Irrigation, family farming, highlands, cartography, Latin America.

Keywords plus:

Key words: Irrigation, family farms, private plot agriculture, agricultural mapping

* This article was supported by the following research projects: "Impacto económico del riego informal en los sistemas de producción agropecuarios de ladera de la región Andina Colombiana", financed by the Pontificia Universidad Javeriana's academic vice-rectory and research projects that were partly developed through the projects ECOS - Nord n°Mo8Ho2: « Transformations territoriales et irrigation paysanne dans les vallées de Puebla (Mexique) » (2009-2011) and ECOS - Nord n°Co9Ho2: « Les relations entre systèmes de production et écosystèmes dans les Andes Colombiennes », 2009-2011. We thank Jaime Forero Álvarez, Alexandra Angelinaume-Des Camps and Jean Christian Tulei, who reviewed and commented this work. Special thanks to Sonia Patricia Hernández Ocampo, who translated it into English.

* Doctorate candidate in Estudios Ambientales y Rurales at Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. E-mail address: malaxechebarria@yahoo.com

*** He started this study while being a student of the Doctorat de Géographie GEODE, University Toulouse II- Mirail, France. E-mail address: simon.prime@inbox.com

**** Spatial Information engineer (Ingénieur spatial), UMR Espace-Dex, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Montpellier, France. E-mail address: christophe.revillion@ird.fr

Panorama de la agricultura familiar irrigada en las tierras altas de América Latina

Resumen

Si bien existen estadísticas y cartografía general sobre los sistemas de riego en Latinoamérica, esta información no permite identificar las zonas de agricultura familiar irrigada localizada en zonas altas. En este artículo ubicamos y contabilizamos dichas zonas mediante la utilización de metodologías cartográficas que permitieron aislar las zonas que cumplen tres requisitos: 1) son áreas irrigadas, 2) están ubicadas por encima de los 1000 m. y 3) su densidad poblacional rural es superior a 50 hab./km². Los resultados confirman la amplia presencia de este tipo de sistemas en todas las subregiones de América Latina. Sin embargo, debido a las restricciones de calidad y actualización de la información de base, los resultados presentados deben tomarse a nivel orientativo.

Palabras clave autores:

Irrigación, agricultura familiar, tierras altas, cartografía, Latinoamérica.

Palabras clave descriptores:

Riego, granjas familiares, parcelas agrícolas privadas, cartografía en agricultura.

Tour d'horizon de l'agriculture familiale de l'irrigation sur les zones montagneuses d'Amérique Latine

Résumé

Bien qu'il existe des statistiques et cartographie générale sur les systèmes d'irrigation de l'Amérique latine, il n'est pas possible de distinguer les zones d'agriculture familiale irriguée situées en altitude. Dans cet article nous localisons et quantifions ces zones en utilisant des méthodologies de cartographie qui permettent d'isoler ce type de zones. Les critères retenus pour la sélection de ces zones sont : 1) la présence d'irrigation; 2) une densité de population rurale dépassant 50 habitants/km²; 3) une altitude supérieure à 1000m. Les résultats obtenus confirment une présence remarquable de ce type de production à travers du continent. Toutefois, en raison du manque de précision de certaines sources données, les résultats présentés sont à titre informatif.

Mots-clés auteur:

L'irrigation, l'agriculture familiale, des hauts plateaux, la cartographie, l'Amérique latine.

Mots-clés descripteur:

Irrigation, fermes familiales, privés des parcelles agricoles, cartographie agriculture.

Introduction

The Latin-American family farming production systems, much of which uses irrigation, contribute significantly to the regional agricultural production. Although family farming takes place in very varied contexts, most of these production systems are traditionally located in the highland zones, where the climate variety and incorporation of green revolution practices, including irrigation, allow a wide and diverse agricultural production.

Latin America has a long irrigated agriculture history, which dates back to pre-Hispanic times, especially in Mexico, El Salvador, Guatemala and Peru. Although it is possible to find working pre-Hispanic systems, especially among the family producers, the current configuration reflects agricultural development processes encouraged within the 20th century. Irrigated agriculture is not widely developed, since the irrigation infrastructure has been developed only in a 17 per cent of the irrigation-suitable area, which is estimated to be 77.8 million ha (FAO, 2000).

Information about agricultural and irrigated areas is usually not updated, and its level of detail does not allow differentiation based on location or type of producer.

FAO, especially its tool AQUASTAT¹, Siebert, Döll, & Feick (2007) and Thenkabail et al.(2009) are the main sources of statistical and cartographic data on irrigation. The two first are used in this paper. In order to identify the highland family farming irrigation systems areas, the information about the irrigated areas was cross-referenced with topographic information available in CGIAR-SCI (2008)² and rural density data from Geonetwork, one of FAO's (2007) tools³.

1. FAO use 26 variables to describe irrigation and agricultural land use in the world. Data are principally obtained in <http://faostat.fao.org/> site that allows the generation of databases on land and water statistics. Water statistics are obtained from the AQUASTAT site, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>. These tools constitute the main world database which counts the irrigated agriculture surfaces according to the soil use (permanent crops, seasonal crops, permanent and temporary grasslands and pastures), irrigation types (sprinkler, flood, others), per country and per year (from 1960 or 1961 to 2009 or 2010). Nevertheless, not all the categories, countries or years are systematically available. Even so, a big quantity of data can be cross-referenced, at a Latin-American or each-country scale, in order to represent the percentage or maps of the actual situation and the evolution in time of soil used for agriculture in the region.

2. The Shuttle Radar Topography Mission consists in obtaining an elevation digital model of the globe's zone comprehended between 36°S and 60°N, so that a complete high-resolution digital topographic earth maps base is generated. It is an international project developed by the American National Geo-spatial Intelligence Agency, NGA, and the National Aeronautics and Space Administration, NASA. Data is available in <http://srtm.csi.cgiar.org/>

3. Taken from: <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>

1. Irrigation in Latin America

Figure 1 shows the regional distribution of the irrigated areas and their evolution for about half a century (1961-1997). Additionally, there has been a small growth of the irrigated areas, especially the ones originated by the state, since the 90's, few changes also occurred between 1997 and 2012.

The distribution of the irrigated areas is far from being homogeneous; more than 66 per cent of Latin-American irrigation is located in four countries: Argentina, Brazil, Mexico and Peru. Nevertheless, when pondering the current importance of areas equipped for irrigation with respect to each country's cultivated surfaces, it is possible to see that the countries with relatively high levels of irrigation infrastructure, such as Brazil, Mexico or Argentina, have that infrastructure on a very reduced portion of their agricultural surface.

In order to understand the irrigation dynamics, it is necessary to distinguish between the areas that have irrigation infrastructure and the ones that are actually irrigated, since not all the equipped areas are working. In Latin America, only 80% of the irrigation infrastructure is in use (FAO, 2012) and that proportion varies from one country to another, as it is shown in figure 2.

When adjusting the areas equipped for irrigation to the working areas, allows revising statistical data. According to Siebert et al. (2005), this gap is due to different causes: *"For most of the countries, these statistics refer to the area equipped for irrigation. Due to several reasons (e.g. crop rotation, water shortages, damage of infrastructure) the area actually irrigated may be significantly lower than the area equipped for irrigation"*. Another factor that makes us be cautious before data exactness and their interpretation is that, according to each country, there are different methods to count the irrigated areas. For instance, certain zones belonging to public irrigation districts in Colombia, are zones where dry agriculture is developed, but the whole of these districts is counted as irrigated area (FAO, 2010)

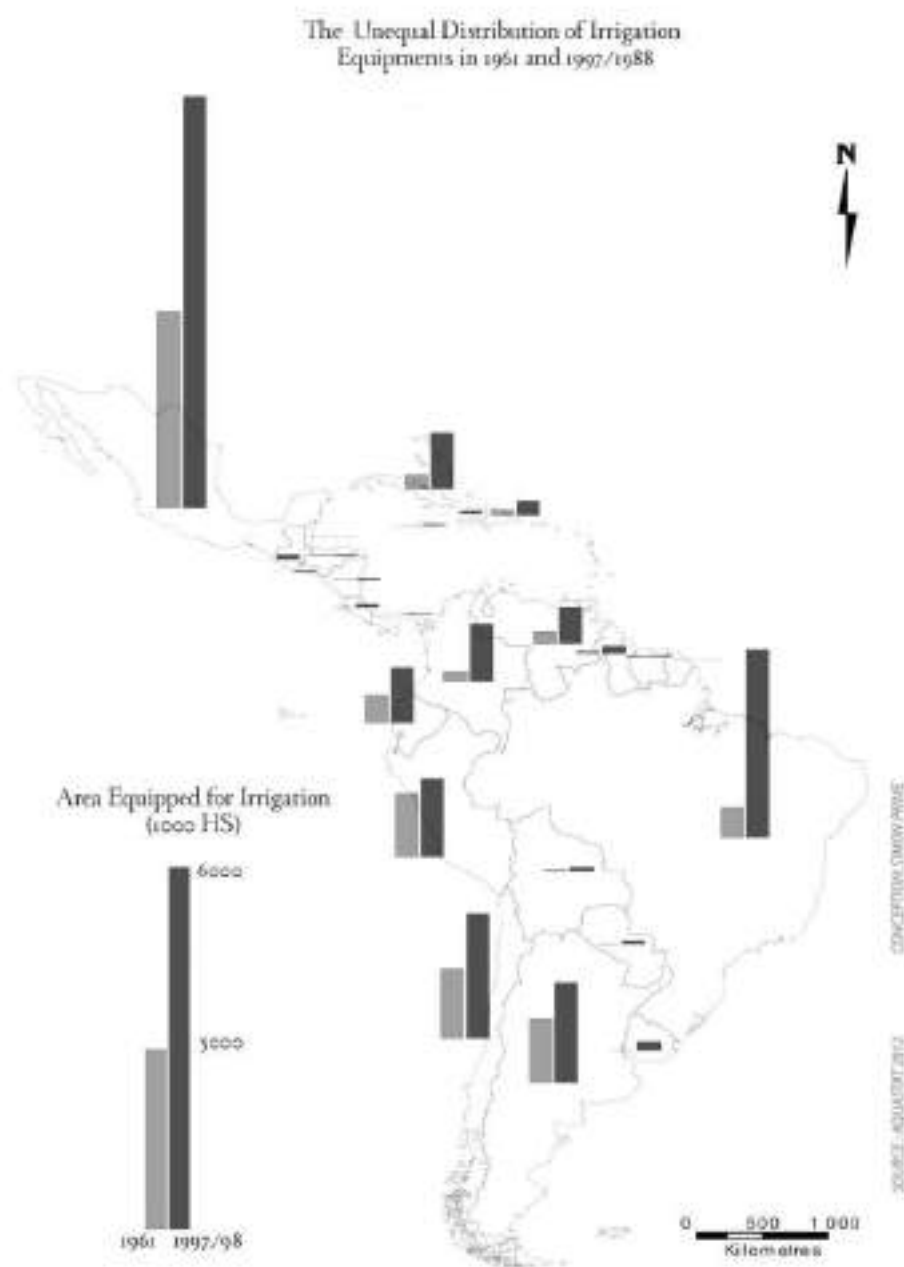


FIGURE 1. Historic variation of areas equipped for irrigation in Latin America (1961-1997; 1998').

SOURCE: the authors with data from FAO (2012)

* Except for Guyana, Haiti and Honduras (1991); Argentina (1995); Chile (1996); Bolivia and Dominican Republic (1999); French Guyana (2007). Definition: Area equipped to provide water (via irrigation) to crops. It includes areas equipped for full/partial control irrigation, equipped lowland areas, and areas equipped for spate irrigation. Calculation criteria: [Area equipped for irrigation: total] = [Area equipped for irrigation: full control - total] + [Area equipped for irrigation: equipped lowland areas] + [Area equipped for irrigation: spate irrigation]. Results appears here: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>. This map has been created using *MapInfo 8.5* and *Adobe Illustrator CS4*.

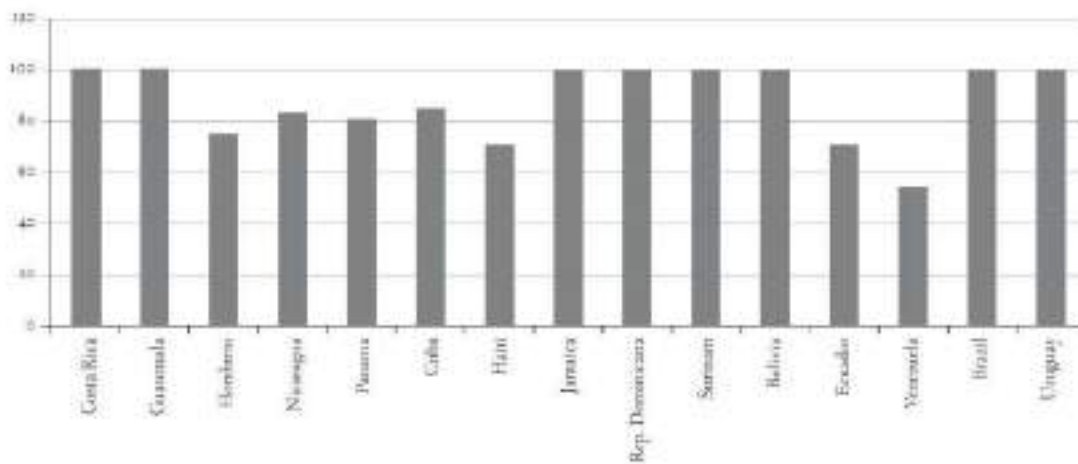


FIGURE 2. Percentage of areas equipped for irrigation which are effectively irrigated in Latin America (1990-1999)
SOURCE: the authors with data from FAO (2012)

1.1. Origin and management of irrigated zones

Although a great part of the big irrigation projects has been financed with state resources through irrigation districts, the private sector also plays an important role in irrigation systems development. That role is so important that approximately two thirds of the irrigated surfaces are private (Maldonado Rojas, 2000). This pattern, which is common to almost all Latin American countries, has clear exceptions, such as Peru and Mexico, where the relation is inverted. In these countries about 70 per cent of the irrigated area corresponds to state or public systems. This difference is basically due to land and associated infrastructure redistribution as a result of the Mexican revolution and the Peruvian agrarian reform.

Medium or large irrigation systems are usually co-managed by the state and the communities, and are characterized by some combination of public and common property regimes. Small or communal systems are mainly managed by the communities, which limits the role of the state, in most of the cases, to providing water flow to the community, and, eventually, resolving conflicts.

Within this context, since the 70's, self-management schemes have been encouraged inside the neoliberal policies logic, whose objective is to reduce the state costs and strengthen the appropriation processes by means of transferring the public irrigation systems to the users. In countries like Chile, this process ended several years ago. In other cases, such as Peru or Mexico, this process is advanced. In Ecuador, Colombia and Guatemala, it is in progress. In Venezuela, Brazil and Panama, it has just begun, while it is under study in Costa Rica, El Salvador, Guyana, Jamaica and Dominican Republic (FAO, 2010).

Such processes have been widely discussed since the transfer of irrigation systems to users have not had substantial effects on the operations' performance, maintenance or the irrigated lands' agricultural and economic productivity. This situation affects the sustainability of those "inspired-by-the-state" systems suddenly given to private and communal users. Additionally, not always poor rural communities can finance the investments needed to build or operate the irrigation systems⁴ (Smith, 2002)

As a result of such diversity of processes, water for irrigation management systems and the regulations used are extremely different. This great variety results what some authors like (Boelens, 2009a; Cremers, Ooijevaar, & Boelens, 2005; De Vos, Boelens, & Bustamante, 2006; World Water Assessment Programme, 2009; von Benda-Beckmann, von Benda-Beckmann, & Spiertz, 1998) define as *legal pluralism*. About this issue (Boelens, 2009b) says that "*analyzing and untangling the whole in particular contexts show that what seems to be an incomprehensible, unstable and irrational disorder improper for governing the highly conflictive environment of water control, can be characterized as an organized complexity in the practice.*"⁵

1.2. Irrigated family farming in Latin America

The large scale of irrigation systems are generally located in low zones where most of the agro-industrial systems are developed, while the small scale and highland ones mainly serve family farming systems⁶. However, it is possible to observe both types of agriculture in every region.

Such sectorization is described by Linck (2006) for the Mexican case, and it is more evident for the countries located in the central and northern Andes, where most of the highland irrigation systems are found: in Colombia, only 4% of the formally irrigated total area is located in the highlands (data obtained through interviews to officials at INCODER). In Ecuador, it is 14% (Maldonado Rojas, 2000) and 20 per cent in Peru (Palerm-Viqueira, 2010). These data will be re-estimated in this article.

4 One of these particular cases is seen in Mexico when the water policy (Ley del agua) in 1992 introduced reforms, which had an impact on the country's irrigation districts organization and operation.

5 Translated from Spanish.

6 This process is not exclusive of Latin America since worldwide investments in irrigation tend to concentrate in big scale projects (Gender and Water Alliance, 2007).

According to Forero Álvarez et al. (2011), most family farmers in each of these countries are located in the Andean zone. This implies that irrigation has been developed in a geographically unequal way, and its expansion has been marginal in the highland and family farming zones.

Neither the statistics nor the cartography that exists, allows us to distinguish family farming from other types of agriculture with accuracy. For this reason, it is necessary to observe the national dynamics⁷. Available data do not differentiate between highland and lowland irrigated agriculture.

Family farming in Latin America traditionally has had great importance in the production of fresh products and internal supply. It is estimated that by 1990, 85.5 per cent of the Latin-American agricultural units could be considered as family units (Chiriboga, 1999). Nevertheless, according to the same author, these production units corresponded to only 12.2 per cent of the region's agricultural area, which showed a great inequity in land property and, probably, in the kinds of crops those lands were used for⁸.

Although family farming is understood as that which uses mainly family labor, it is almost impossible to establish the boundary which indicates when a system is classified as family or capitalist. Therefore, the family farming characteristics will depend on several factors. A common strategy is to define the family production systems based on the farm size, which is arguable. FAO (2010) establishes that the family agriculture systems median surface varies according to each country: 5 ha in Colombia, 6 ha in Mexico, 25 ha in Chile and 26 ha in Brazil. Carmagnani (2008), who used information from national agricultural censuses, offers another classification to define the family farms size in five Latin-American countries: in Brazil, family farms are those smaller than 50 ha⁹. In Uruguay, these farms size fluctuates between 6.7 and 71.1 ha. In Buenos Aires province in Argentina, the average size for family farms is 149 ha, in Nicaragua, it is between 3.5 and 14 ha, and in Mexico, it is between 5 and 10 ha.

7 Two regions can be distinguished in Mexico: a Northern Region, where horticulture is industrialized, developed in big extensions of land, and mainly directed to export markets, and a Central Region, where horticulture is developed in small family farms and is mostly destined to local and regional markets.

8 These are general data that must be read carefully as they do not show the great variability given between the different countries and even inside each country.

9 Nevertheless, he showed that even farms of 100 ha could still be classified as family farming, and found that it is the farms between 31 and 67.8 ha the ones that define optimal conditions for family farming in Brazil.

Despite the absence of universal statistics concerning family farming, FAO & BID (2007) claim that family farms in Latin America contribute greatly to the national agricultural GDP (PIB for its acronym in Spanish), as well as make a considerable contribution to generating rural employment (See Figure 3). Unfortunately, no data on agricultural employment in Ecuador and Nicaragua were found.

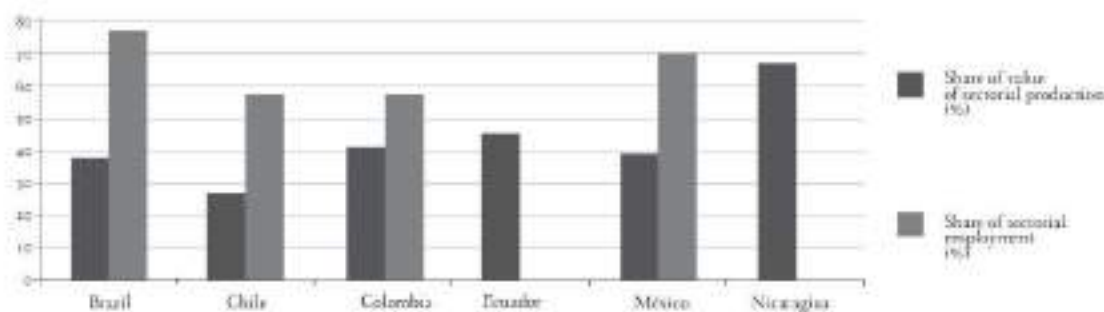


FIGURE 3. Family farming participation in agricultural production and employment value for some Latin American countries

SOURCE: the authors with data from FAO (2010)

The quick expansion of strong added-value product markets, particularly horticulture, a small scale cattle-raising, fish farming and dairy products, offer an opportunity to diversify the agricultural systems and develop a small competitive agriculture with intensive use of hand labor (World Bank, 2007) and water for irrigation. In this sense, permanent access to water for irrigation is a key factor to stabilize and increase family farmers' incomes (Leiva & Skees, 2008). Van Der Zee, Fajardo Reina, & Holtslag (2002) found that, in Nicaragua, safe water access can increase family farming systems' incomes between 35 and 155 per cent, depending on the farm size; Jauregui et al (2005), found that such increase reached 236 per cent in Bolivia.

The environmental contexts of Latin-American family farming vary. National statistics do not differentiate family irrigation from agribusiness farming irrigation, nor do they differentiate lowland zones from highland zones. In Latin America there is highland or mountain irrigated family farming, where the slopes allow transporting water easily by using gravity force, which avoids pumping costs.

According to Zimmerer (2010), in the Andean case, the presence of irrigated family farming is especially visible in lands higher than 1000 m; this can be extrapolated to the rest of the mountainous zones in Latin America. The altitude of 1,000 meters is what we will use as the demarcation of the highlands from the lowlands.

The presence of mountain irrigated family farming, dedicated to strong added-value crops, can depend on multiple factors. These include the presence of transport infrastructure, the closeness to consumption or commercialization centers, and climate favorability provided by the altitudinal variation, providing cooler temperatures than in the lowlands. This climate offers the physical and sanitary conditions which allow vegetables and other "fragile" products to be cultivated all year long.

Mountain family farming is very sensitive to climate changes, as they are located in the hydrographic basins heads. These natural characteristics, joined to high population density and intensive soil use, make water extraction over the sources' capacity common during the low precipitations periods (Girard, 2005; Ruf & Gasselin, 1999; Vanacker et al., 2003), which aggravates the situation for ecosystems and users waters downstream.

Although the Latin American mountains are vulnerable zones, they exhibit strong and active agricultural production, most of which is family and irrigated. Successful examples of highland irrigated family farming can be observed in almost all the countries with altitudes higher than 1000 m:

1. Merida, Venezuela, where agriculture production has increased and the landscape has changed since 1970 (Angeliaume-Descamps & Oballos, 2009), thanks to the proper climatic conditions given by the mountain, the implementation of irrigation systems, and supported on the economic growth due to petroleum exploitation, immigration and dietary changes.
2. Puebla, Mexico, where horticulture development in high plateaus, located at 2000 m above sea level, has grown since 1980, thanks to the peasants' mobilization in order to benefit from the irrigation systems in a non-favorable rural context, which resulted from the state liberalization and policies of structural adjustment (Prime, 2010; Ramírez J., 1999).
3. Fomeque, in the Colombian Andes, which has a dynamic agriculture thanks to family farming intensification in small holdings, which would not be viable without the access to water for irrigation (Angeliaume-Descamps & Gutiérrez-Malaxechebarria, 2012; Gutiérrez-Malaxechebarria, 2011).
4. The mesothermal valleys in Cochabamba, Bolivia, where there is wide use of irrigation by family farmers, strongly integrated to the country's urban dynamics. (Godoy, Morduch, & Bravo, 1998; Zimmerer, 2000).

5. The Colca Valley, in Peru, where there are intricate local agreements to access water for irrigation and where the irrigation systems are community-identified elements (Robles Mendoza, 2010).
6. The Ecuadorian Andes, where there are many examples of successfully peasant and indigenous irrigation systems (Boelens, 2009b; Le Goulven & Ruf, 1993, 1994; Ruf & Gasselin, 1999; Ruf & Mathieu, 2001; von Benda-Beckmann et al., 1998).
7. Other interesting examples, although not the only ones, can be found in the highlands of Dominican Republic, Guatemala and El Salvador.

The wide use of irrigation systems as well as their variability provides examples of family farming production systems' capacity of market adaptation and technology appropriation, inside the green revolution modernization processes. In other words, the spread of irrigation in family farming production systems has allowed family farms to survive and have a wide spatial presence.

2. Methodology

To find reliable spatial resolution data¹⁰ for this study was difficult because of the size of the region to be analyzed. The first stage consisted in obtaining the necessary data from different sites that had spatial data available (see Chart 1).

CHART 1. Sources where data were obtained from*

DATA	SOURCE	RESOLUTION (PIXEL SIZE) (IN THE EQUATOR)
International borders	"Global Administrative Areas"	near to 5m
Population density	FAO, 2007	near to 915m
Relief (elevation)	CGIAR-SCI, 2008	250m
Irrigated areas	Siebert et al., 2005	81km2

SOURCE: "Global Administrative Areas" (<http://www.gadm.org/>); SRTM 90m Digital Elevation Data (<http://seamless.usgs.gov/>); CGIAR-SCI (<http://www.cgiar.org/>).

¹⁰ The data that has the least reliable resolution is taken as the main data. The use of further data which have better resolution allow us not to degrade the data that matter most to our purpose.

The collected data was vectorized¹¹ by using the ArcGis program. This stage allowed us to use the entire program's potentials concerning vector data manipulation and analysis; it was also necessary to determine each country's final statistics.

The three layers are georeferenced in the same geographical coordinates system (WGS 84). As a result, the data are perfectly superposed in latitude and longitude. Then, identical deformation data are projected over an identical referential (here, Mollweide equivalent projection¹²). Thus, it is possible to combine data and to calculate surfaces with a precision that only depends on source data.

After that, we chose the data that met the three previously defined criteria for each country. Concretely, the calculation algorithm indicated the zones whose information was overlapped. This allowed us to finally determine the spatial distribution of those zones that: have an altitude above 1000 m (which, according to Zimmerer (2010), is the lowest limit for irrigated agriculture in the Andes), have rural density of more than 50 inhabitants per Km² (data defined by the authors using the expert's criterion¹³), and where irrigation takes place. This last data about irrigation took the information in Siebert et al. (2007) as a basis, according to the irrigated area reported per pixel. Thus, for example, if the zone comprehended in a pixel shows that 20 per cent of it is irrigated, this represents 16.2 Km² of irrigated area out of a total of 81 Km² (20% of 81 Km²). The whole process is schematized in figure 5. In order to compare the obtained data, the total irrigated areas located at higher altitude than 1000 m were calculated for each country by using the same methodology and sources, but varying the selection criteria.

The cartographic manipulations done did not affect the resolution or the exactness of the data used as basis. Therefore, the reliability degree obtained is the same as the one in Siebert et al. (2007). To obtain more detailed results, the international organisms would have to provide a better resolution source maps.

11 Vectorizing an image consists in transforming it into a group of geometrical forms (dots, lines and polygons).

12 An equivalent projection allows conserving surfaces.

13 This information corresponds to saying that a family composed of five members manage an area of or smaller than 10 ha (not all of them irrigated or cultivated). This size, although defined arbitrarily by the authors and which does not meet the criteria given by the authors taken as reference, is within acceptable ranges, and allows us to establish that, because of the land size, working labor is mainly familial; additionally, it allows us to include activities in which the territory is not used, since the rural zones comprehend non-cultivable or conservation zones. Family farming zones that have lower population density are not taken into consideration in this study.

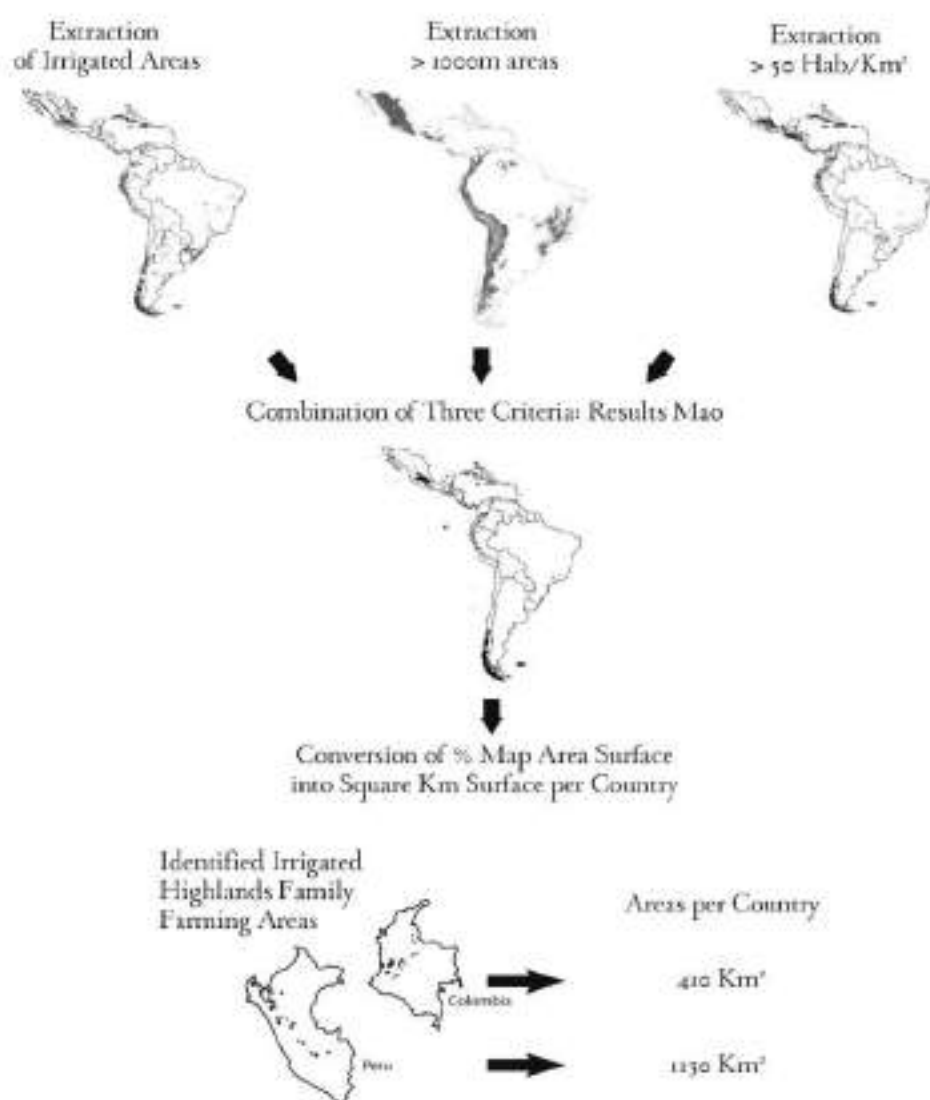


FIGURE 4. A descriptive scheme of data handling (methodology)

Source: the authors.

In some cases, it would be possible to obtain data separately from each country. However, this would multiply the information sources, and, therefore, the difficulties in the data treatment and comparison.

3. Results

The data management allowed us to identify, following a cartographic method, the family farming irrigated areas in the Latin-American highlands. Figure 5 shows the representative areas of family farming in the region.



FIGURE 5. Family farming irrigated areas in Latin American highlands (this study)

SOURCE: the authors.

Spatial information was quantified and it is shown in Chart 2. It presents totals of agricultural areas in highlands irrigated areas by family farmers, the totals of irrigated areas per country according to FAO (2002), and suggests the importance of the former, over the national totals. Some countries are not reported in the table, because no areas that met the defined criteria were found.

CHART 2. Irrigation in Latin-America summary table

COUNTRY	TOTAL IRRIGATED AREA (KM2)	OVER 1000M IRRIGATED AREA (KM2)	OVER 1000M AND OVER 50 HAS/ KM2 IRRIGATED AREA (KM2) (AFIM)	AFIM/ TOTAL IRRIGATED AREA (%)	AFIM/ OVER 1000M IRRIGATED AREA (%)	OVER 1000M IRRIGATED AREA/ TOTAL IRRIGATED AREA (%)
Mexico	65704	28920	8901	13,55%	30,78%	44,02%
Peru	17458	9957	1130	6,46%	11,33%	57,03%
Ecuador	8746	3593	773	8,81%	21,50%	41,08%
Colombia	9269	3504	410	4,56%	11,81%	38,62%
Guatemala	1427	382	239	16,76%	62,59%	26,78%
Dominican Republic	2718	387	59	2,16%	15,17%	14,24%
Bolivia	1304	1204	48	3,69%	4,00%	92,36%
Costa Rica	1034	153	42	4,01%	27,12%	14,79%
El Salvador	474	51	38	8,09%	74,96%	10,80%
Honduras	755	178	35	4,64%	19,71%	23,52%
Brazil	31657	1392	29	0,09%	2,09%	4,40%
Haiti	986	22	16	1,58%	71,11%	2,22%
Nicaragua	627	35	14	2,22%	39,46%	5,63%
Panama	372	63	7	1,84%	10,93%	16,85%
Chile	19064	3823	7	0,03%	0,17%	20,06%
Venezuela	5727	1102	0	0,00%	0,01%	20,81%
Argentina	18425	1967	0	0,00%	0,00%	10,67%
Cuba	8716	8	0	0,00%	0,00%	0,09%

Data belong to the period 1997-1998, except for Honduras and Haiti (1991), and Dominican Republic and Bolivia (1995). The countries which are not included in the figure do not have data of this kind. Definition:

Percent of area equipped for irrigation that is actually irrigated in any given year, expressed in percentage. Irrigated land that is cultivated more than once a year is counted only once. Calculation Criteria: $[\text{Area actually irrigated as \% of area equipped for irrigation}] = 100 * [\text{Area equipped for irrigation: actually irrigated}] / [\text{Area equipped for irrigation: total}]$. Results appear here: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>.

The data obtained allow relativizing the family farming irrigated area within the national context, as well as on the irrigated area above 1000 m.

The countries with the highest proportion of family farming in highlands – Mexico, Peru, Ecuador, Guatemala and El Salvador– have a strong presence of

indigenous communities and a long history of highland irrigation. The weight that this type of agriculture has over the total irrigated area is an indicator of the historical continuity of these agricultural techniques, or of defined and distinctive cultural characters¹⁴.

It will be necessary to revise the data reported for Bolivia, as it was expected to have a similar behavior¹⁵. This is because Forero Álvarez et al. (2011) reported that 99 per cent of the Andean agriculture in Bolivia corresponds to family farming. On the other hand, the data concerning the irrigated zones located at an altitude higher than 1000 m obtained from FAO (2002) and Siebert et al (2007) are not consistent with what Forero Álvarez et al. (2011) and Paz Ballivián (2009) said, since they affirm that the agriculture in low zones is capitalist, which would be characterized by the use of irrigation systems. Therefore, it was not expected that the higher-than-1000 m irrigated areas represented the largest proportion. In consequence, the information obtained for this country is not conclusive and the basis data must be revised¹⁶.

A lower relative presence of highland family farm irrigation in the national context, but still representative, is observed in Colombia, Dominican Republic, Costa Rica and Honduras. These countries are located in different surroundings: the Andes, Caribbean islands and Central America, respectively, which shows wide distribution and importance of irrigated family farming in the mountains.

Brazil's relative scarcity of land over 1000 m explains why agriculture and irrigation in the highlands makes a very low percentage of the total Brazilian irrigation.

With respect to total areas, Mexico stands out among the countries with bigger family farming irrigated areas in the highlands, with 8901 km². It is followed by Peru, with 1128 km², Ecuador, with 773 km², and Colombia, with 414 km². Mexico, Peru and Ecuador are also included in the group that has a major relative weight over the irrigated totals in mountain family farming, which suggests the need to develop further research in those countries. Regarding the highest representativity of irrigated family farming in zones higher than 1000 m, in their national context,

14 Additionally, family farming has the highest participation out of the national total in Mexico and Peru, thanks to the revolution in Mexico and the agrarian reform in Peru.

15 This is mainly explained by the minimum rural population density defined.

16 We suppose Bolivia's data report only public irrigation systems and do not include private irrigation systems which are located basically in the east low lands.

the countries that stand out are: El Salvador (74,96), Haiti¹⁷ (71,11%), Guatemala (62,59%) and Nicaragua (39,46%). They are followed by the group composed by Mexico (30,78%), Costa Rica (27,12%), Ecuador (21,50%), Honduras (19,73%), Dominican Republic (15,17%), Colombia (11,81) and Peru (11,33%).

The low presence of mountain irrigated family farming systems in Chile and Argentina, where the highland irrigated areas represent 20.06 and 10.67 percent of the national totals, respectively, can be explained by the chosen density selection criteria. An analysis in those countries needs to put in consideration the geographic land tenancy patterns, as well as the rural population density.

Although the obtained data correspond to information offered by international entities, it is surprising that Venezuela is absent. This can be due to the quality of data corresponding to the country, the dispersion of the irrigated zones in the Venezuelan Andes and, overall, because of the chosen criteria on altitude and the population impact on this country. Additionally, despite the fact that in Venezuela the mountain irrigated agriculture represents a 9 per cent out of the total (52458 ha, according to Angeliaume-Descamps, Blot, Leroy, Maire, & Molina (2011)), it is distributed in different narrow valleys whose highlands are neither irrigated nor populated. This is why the spatial resolution used, could not register such rapid spatial variations. Similar phenomena might have occurred in other countries where bigger areas were expected, just like the already discussed case in Bolivia. For this reason, it would be necessary to revise these cases particularly, which implies using data with higher resolution and trying specific limits, which must be adapted regionally.

Conclusions

Although the results presented here differ to the ones by other sources, they are derived in a transparent manner that seeks to deep into and improve the comprehension of the Latin American rural world.

For every case, mountain irrigated family farming is a minority system within the nation, as well as the highlands as a percentage of the national land mass. The highland irrigations' minor presence confirms what was said in the conceptual section of the present article. However, it contributes greatly to the national agricultural production, it is located in environmentally sensitive zones, it is

17 Although the higher than 1000 m irrigated area in Haiti represents only 2,22% of the national total.

part of the Latin-American rural world complex realities, and its presence can be observed in all the Latin-American regions.

The resolution we worked with, excludes agricultural mosaic zones where there is a strong presence of irrigated agriculture and where there are also conservation or non-use zones, simultaneously. Therefore, the data can undervalue the presence of such areas, just like what happened in the case of Venezuela. For this reason, we suggest deepening in the research with a better resolution of information and analysis conducted country by country or, if possible, for different regions in each country. However, the use of diverse sources will make comparison between countries problematic.

Another restriction to obtain accurate data is the dispersion of the mountain irrigated agriculture and its combination with dry crops or other land uses, which makes it difficult to visualize the irrigated areas. On the other hand, the information that includes secondary data, based on official statistics is not updated. It includes the zones that are equipped for irrigation and excludes informal (not accounted for) irrigation zones. This explains the differences in the areas reported by different authors.

The results of our cartographic analyses of irrigation, allow us to have a closer vision to this reality, particularly, its spatial distribution. However, a slight modification in the defined criteria (for example, choosing altitudes higher than 800 m, or rural densities higher than 40 inhabitants per km²) could widely change the results obtained for each country, in terms of surface. It would be pertinent to test those limits and reflect on those that would be the most representative ones. To come closer to reality, it would be doubtlessly optimal to define different limits according to each country, depending on its national characteristics. Thus, for example, it would be interesting to adjust those data treatments for the countries with the biggest relative and total areas object of study. Those countries would be, for instance, Mexico, Peru, Colombia, Ecuador, Haiti, Guatemala, Dominican Republic, Costa Rica or El Salvador.

References

- Angéliaume-Descamps, A., Blot, F., Leroy, D., Maire, E., & Molina, L. E. (2011).
Angéliaume-Descamps A., Blot F., Molina L., Leroy D., Maire E. Peltier
A. & Antoine J. M. (à paraître) Construction des ressources en eau au sein

- d'un espace agricole et protégé de montagne tropicale: Les facteurs de la mise en place d'une gestion partici. *Journées de Géographie Tropicales*. Toulouse: L'harmattan.
- Angeliaume-Descamps, A., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2012). Modèles d'irrigation dans les petits systèmes maraîchers des Andes vénézuéliennes et colombiennes.
- Angeliaume-Descamps, A., & Oballos, J. (2009). Le maraîchage intensif irrigué dans les hautes vallées andines vénézuéliennes: quelle remise en question? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (247), 439-468.
- Boelens, R. (2009a). The politics of disciplining water rights. *Development and Change*, 40(2), 307-331. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7660.2009.01516.x/full>
- Boelens, R. (2009b). Aguas diversas . Derechos de agua y pluralidad legal en las comunidades andinas. *Anuario de Estudios Americanos*, 66(2), 23-55.
- CGIAR-SCI. (2008). SRTM 90m DEM Digital Elevation Database. Retrieved February 21, 2012, from <http://srtm.csi.cgiar.org/>
- Carmagnani, M. (2008). La agricultura familiar en América Latina. *Problemas del desarrollo*, 39(153), 11-56.
- Chiriboga, M. (1999). Desafíos de la pequeña agricultura familiar frente a la globalización. In L. Martínez (Ed.), *El Desarrollo Sostenible en el Medio Rural*. Quito: FLACSO.
- Cremers, L., Ooijevaar, M., & Boelens, R. (2005). Institutional reform in the Andean irrigation sector: Enabling policies for strengthening local rights and water management. *Natural Resources Forum*, 29(1), 37-50. doi:10.1111/j.1477-8947.2005.00111.x
- De Vos, H., Boelens, R., & Bustamante, R. (2006). Formal Law and Local Water Control in the Andean Region : A Fiercely Contested Field. *Water Resources*, 22(1), 37-48. doi:10.1080/07900620500405049
- FAO. (2000). *El riego en América Latina y el Caribe en Cifras*. English (p. 348). Rome: FAO.
- FAO. (2007, July 2). GeoNetwork open source portal to spatial data and information. Retrieved from <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>
- FAO. (2010). A policy programme for family farming. *Thirty-first regional conference for Latin America and the Caribbean*. Retrieved October 10, 2010, from <http://www.fao.org/docrep/meeting/018/k7338E.pdf>

- FAO. (2012). AQUASTAT database, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Retrieved August 13, 2012, from <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>
- FAO, & BID. (2007). *Políticas para la agricultura familiar*. (F. S. Baquero, M. Rodríguez Fazzone, & C. Falconi, Eds.) (pp. 1-34). Santiago de Chile: FAO.
- Forero Álvarez, J., Corrales Roa, E., Estévez Moreno, L., Correa Pinilla, D. E., Galeano Medina, J., Villareal Fuentes, M., ... Cuellar, O., (2011). *Proyecto: Viabilidad económica y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles en los países andinos. SISPAND I*. (p. 251). Bogotá.
- Gender and Water Alliance. (2007). Género, Agua para la Agricultura e Irrigación. *Guía de Recursos Transversalización del Enfoque de Género en la Gestión del Agua*. Retrieved March 21, 2012, from <http://www.es.genderandwater.org/page/3563>
- Girard, S. (2005). Les páramos, espace stratégique pour la gestion de l'eau dans les Andes septentrionales: le bassin-versant du río Ambato (Équateur). *M@ppemonde*, (78), 12.
- Godoy, R., Morduch, J., & Bravo, D. (1998). Technological adoption in rural cochabamba, bolivia. *Journal of Anthropological Research*, 54(3), 351-372.
- Gutiérrez-Malaxechebarria, A. (2011). Un agricultor en Fómeque, otro en el Armañac: grandes diferencias con muchos puntos en común. *VII Seminario Internacional de Desarrollo Rural, Bogotá, 2011*.
- Jauregui, P., Olivares, R., & Colque, L. (2005). Efectos del riego en los ingresos de las familias campesinas. Cochabamba, Bolivia: Programa de Desarrollo Agropecuario Sostenible GTZ - PROAGRO UCORE.
- Le Goulven, P., & Ruf, T. (1993). The functioning of peasants' managed irrigation in the northern ecuadorian andes (Mira Watershed). In S. Manor & J. Chambouleyron (Eds.), *Performance and Measurement in Farmer-Managed irrigation Systems. Proceedings of an international workshop of the farmer-managed irrigation system network* (p. 264). Colombo, Sri Lanka: International irrigation Management Institute (IIMI).
- Le Goulven, P., & Ruf, T. (1994). Funcionamiento del riego tradicional en los andes ecuatorianos. Recomendaciones para el Plan Nacional de Riego. *Resúmenes de las comunicaciones presentadas en el ciclo de conferencias por los 20 años del Orstom en Ecuador* (pp. 99-105). ORSTOM.
- Leiva, A., & Skees, J. (2008). Using Irrigation Insurance to Improve Water Usage of the Rio Mayo Irrigation System in Northwestern Mexico. *World Development*, 36(12), 2663-2678. doi:10.1016/j.worlddev.2007.12.004

- Linck, T. (2006). Prefacio. In Y. Villagómez Velázquez (Ed.), *Política hidroagrícola y cambio agrario en Tehuantepec, Oaxaca* (1st ed., pp. 13–26). Zamora, Michoacán: El Colegio de Michoacán.
- Maldonado Rojas, T. (2000). *Transferencia de Sistemas de Riego a los Usuarios en países de América Latina y el Caribe* (p. 44). Santiago de Chile: FAO. Retrieved from http://www.bosquesandinos.info/CESA/CESA_AG_0181.pdf
- Palerm-Viqueira, J. (2010). A comparative history, from the 16th to 20th centuries, of irrigation water management in Spain, Mexico, Chile, Mendoza (Argentina) and Peru. *Water policy*, 12(6), 779–797. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=23531793>
- Prime, S. (2010). Soutenabilité de l'agriculture maraîchère dans les hautes vallées de Puebla (Mexique): enjeux au fil de l'eau. *VIe Congrès européen CEISAL. Independencias, Dependencias, Interdependencias*. Toulouse. Retrieved from <http://halshs.archives-ouvertes.fr/CEISAL2010/es/>
- Ramírez J., J. (1999). *Ajuste Estructural y Estrategias Campesinas de Reproducción en el Valle de Puebla, México*. Campus Puebla- Colegio de Postgraduados (México).
- Robles Mendoza, R. (2010). Sistemas de riego y ritualidad andina en el valle del Colca. *Revista Española de Antropología Americana*, 40(1), 197–217.
- Ruf, T., & Gasselin, P. (1999). Irrigation de montagne. Les Andes Equatoriens.
- Ruf, T., & Mathieu, P. (2001). Water rights and the institutional dynamics of irrigated systems: between State, market and community action. *International Journal of Water*, 1, 3–4.
- Siebert, S., Döll, P., & Feick, S. (2007). *The Global Map of Irrigation Areas Version 4.0.1. Earth*. Rome: FAO.
- Siebert, S., Döll, P., Hoogeveen, J., Faures, J. M., Frenken, K., & Feick, S. (2005). Development and validation of the global map of irrigation areas. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9(5), 535–547. doi:10.5194/hess-9-535-2005
- Smith, L. D. (2002). *Reforma y descentralización de servicios agrícolas un marco de políticas*. FAO. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/005/y2006s/y2006s00.htm>
- Thenkabail, P., Biradar, C., Noojipady, P., Dheeravath, V., Li, Y., Velpuri, M., ... Gumma, M. (2009). Global irrigated area map (GIAM), derived from remote sensing, for the end of the last millennium. *International Journal of Remote Sensing*, 30(14), 3679–3733. doi:10.1080/01431160802698919
- Vanacker, V., Govers, G., Poesen, J., Deckers, J., Dercon, G., & Loaiza, G. (2003). The impact of environmental change on the intensity and spatial pattern of

- water erosion in a semi-arid mountainous Andean environment. *Catena*, 51, 329–347. doi:10.1016/S0341-8162(02)00172-8
- World Bank. (2007). *Rapport sur le développement dans le monde 2008. L'Agriculture au service du développement* (p. 27). Washington: World Bank.
- World Water Assessment Programme. (2009). *The United Nations World Water Development report 3: Water in a changing world*. World Water (p. 349). Paris: UNESCO.
- Zimmerer, K. S. (2000). Rescaling irrigation in Latin America: the cultural images and political ecology of water resources. *Cultural Geographies*, 7(2), 150–175. doi:10.1177/096746080000700202
- Zimmerer, K. S. (2010). Woodlands and Agrobiodiversity in Irrigation Landscapes Amidst Global Change: Bolivia, 1990–2002*. *The Professional Geographer*, 62(3), 335–356. doi:10.1080/00330124.2010.483631
- van der Zee, J. J., Fajardo Reina, A., & Holtslag, H. (2002). The impact of farm water supply on smallholder income and poverty alleviation along the pacific coast of Nicaragua. A case for low cost technology solutions. *Africa*. Managua.
- von Benda-Beckmann, F., von Benda-Beckmann, K., & Spiertz, J. (1998). Equity and legal pluralism: taking customary law into account in natural resource policies. In R. Boelens & G. Dávila (Eds.), *Searching for Equity. Conceptions of Justice and Equity in Peasant Irrigation* (pp. 57–69). Assen: Van Gorcum.

Formal and Informal Irrigation in the Andean Countries. An Overview

Alvaro Martín Gutiérrez-Malaxechebarria*

Recibido: 2014-01-24 Aprobado: 2014-03-06 Disponible en línea: 2014-07-27

doi:10.11144/Javeriana.CRD11-74.fiac

Cómo citar este artículo: Gutiérrez-Malaxechebarria, A. (2014). Formal and Informal Irrigation in the Andean Countries. An Overview. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 11(74), 73-100. doi:10.11144/Javeriana.CRD11-74.fiac

Abstract

This work is an empiric-theory revision which evidences the existence of two irrigation sectors in the Andean countries: a formal one, mainly located in plain low lands, controlled by the government, mostly directed to agribusiness producers; the other sector, informal irrigation, is directly managed by the producers, usually family farmers, without government control and without being reported in national statistics; this second sector is principally located in the Andean mountains. Nowadays there are several institutions for the access to water which are associated to different stakeholders, so conflicts between different kinds of users emerge.

Keywords:

agricultural development; irrigation; Andes; informal irrigation; farming systems; water management

* Estudiante de doctorado en Estudios Ambientales y Rurales de la Pontificia Universidad Javeriana. Profesor de la Facultad del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Email: malaxechebarria@yahoo.com



Resumen

Este trabajo es una revisión empírico-teórica que pone de manifiesto la existencia de dos sectores de riego en los países andinos: uno formal, ubicado principalmente en las tierras bajas o llanuras, controladas por el gobierno y dirigidas a los productores agroindustriales en su mayoría. El otro sector que cuenta con riego informal es administrado directamente por los productores y por lo general son agricultores familiares, sin control gubernamental y que no han sido reportados en las estadísticas nacionales. Este segundo sector se encuentra principalmente en las montañas andinas. Hoy en día hay varias instituciones para el acceso al agua que están asociadas a las diferentes partes involucradas, por lo que han surgido conflictos entre los diferentes tipos de usuarios.

Palabras clave:

desarrollo agrícola; riego; Andes; riego informal; sistemas de cultivo; gestión del agua

Irrigation formelle et informelle dans les pays andins. Une vision générale

Résumé

Ce travail est une révision empirique-théorique qui met en évidence l'existence de deux (2) secteurs d'irrigation dans les pays andins : un secteur formel, situé principalement dans les plaines, contrôlées par le gouvernement et visées, par sa plus grande partie, aux producteurs agro-industriels. L'autre secteur qui a une irrigation informelle est géré directement par les producteurs et, en général, par ceux qui sont des agriculteurs familiaux, sans contrôle gouvernemental et sans des rapports dans les statistiques nationales. Ce deuxième secteur se trouve principalement aux montagnes andines. En ce moment, il y a des différentes institutions pour l'accès à l'eau qui sont associées aux différentes parties impliquées et ceci fait surgir des conflits parmi les différents types d'utilisateurs.

Mots-clés:

développement agricole; irrigation ; Andes; irrigation informelle; systèmes de culture; gestion de l'eau

Introduction

Although they have social and ecosystem differences, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú and Venezuela are called Andean countries due to the fact that they share the presence of the northern and central Andes as well as some common patterns, like those related to irrigation schemes, as it will be described.

The variability of climates and the ancient establishment of population in zones where the access to water was limited encouraged the early installation of irrigated agriculture. Zimmerer (1995) demonstrated that irrigation was already used in Taratá (Cochabamba, Bolivia) 3500 years ago, which allowed the settlement of later empires such as Tiwanaku, Inca and Spanish.

Although the ancient developments in irrigation given in the Andean zone are the most widely known, such developments also took place in a wide variety of zones which comprehend floodable coastal plains, desert zones and the Amazon basin. They were adapted to different environmental conditions and characterized by their innovation capacity, high efficiency (Branch et al., 2007) and adaptation to local conditions.

Pre-Hispanic processes of technological development were abruptly interrupted during the European conquest due to three big factors: 1) the abandonment of big areas caused by the population collapse (Trawick, 2001, p. 21; 2003, p. 982); 2) the implementation of new production systems; and 3) other factors, still unknown, probably associated to droughts (Branch et al., 2007).

Although some irrigated areas were preserved and Hispanic crops which required irrigation were established, it was not until the end of the 19th century and the beginning of the 20th century that important developments of irrigated agriculture appeared again².

Modern irrigation projects started to be developed by governmental initiative. In some cases, like the ones in Peru and Ecuador, the projects were motivated by the importance of export crops such as sugar cane, cotton (Alfaro, Guardia, Golte, Masson & Oré, 1993, p. 134) and banana. In Colombia and Venezuela, the construction of public irrigation systems originated in order to meet the internal demand for food.

The major boost of these irrigation systems in the region took place between the 30's and the 60's, partly because of processes of agrarian reform and government

2 The extension of pre-Hispanic irrigated area in Perú was 840 000 hectares; it was not until the 20th century that this area was recuperated (Palerm-Viqueira, 2010, p. 785). Despite this in the Moche Valley, only 35 to 40 per cent of the anciently irrigated area is irrigated nowadays (Orloff, Feldman & Moseley, 1985).

efforts to intensify agriculture. Modernization of irrigation systems, as part of Green Revolution packages, was driven as a state's imposition and response to people soliciting them scope to modernize their agricultural systems (Boelens & Hoogendam, 2002) and improve their production. In the cases in which farmers did not have access to the state-promoted agricultural modernization programs, the green revolution developments, including irrigation systems, were autonomously adapted by great masses of farmers; this situation generated an ambiguous phenomenon of adaptation to their surroundings and ignorance in relation to technology.

In summary, and according to Trawick (2001, p. 19), the irrigation systems in the Andean countries have been through three historical processes: 1) the establishment, in pre-Hispanic times, of methods which attempted to manage a scarce resource, 2) a massive reduction of water and land use during the colonial process, and 3) a gradual re-intensification which responded to population growth, combined with the increase of economies aimed at exportation and export substitution in the green revolution framework.

As a result of these processes, it is possible to define two types of irrigation systems: formal and informal³. The formal systems are those, public or private, that have been developed with universally accepted technical standards under the state institution and, for their characteristics, have been reported in national statistics. On the other hand, the informal irrigation systems are those developed by farmers themselves, without meeting the state's formal requirements, which are not reported in national statistics (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2013).

Although it is common to observe the coexistence, in one zone, of diverse types of agricultural production and irrigation systems in the Andean countries, a differentiated geographical distribution which predominates in the irrigation systems is evidenced: medium and large scale⁴ formal irrigation systems developed in low plain zones, and small scale systems, mainly informal ones, developed by family farmers in mountainous zones; this constitutes a dual system, or two tiered system as Trawick (2003, p. 980) named it when referring to the vertical nature of the Andes.

Now, this is a revision article, based on an empirical-theoretical approach. It was made based on literature review, interviews, case studies and field observations, and

3 There are also various examples of what we can define as mixed systems, but this binary distinction is heuristically useful and helps to organize the following exposition.

4 In Colombia, a medium scale irrigation district is that which irrigates between 500 and 5000 hectares, and a large scale irrigation system is that which irrigates more than 5000 hectares. Similar classifications are used in the other Andean countries.

aims to describe and evidence general characteristics of irrigation systems in the Andean countries. At the beginning, irrigation institutions are discussed, followed by descriptions that go from formal to informal irrigation systems; at the end, conclusions are presented, evidencing that irrigation systems are diverse, complex and work in a panorama where different institutions, visions, agricultural systems, and economic pressures over water coexist.

1. Irrigation management in the Andean countries

Irrigation systems are composed of human agents along with physical infrastructure, social infrastructure, institutional infrastructure and biophysical processes that interact in complex ways (Cifdaloz, Regmi, Anderies & Rodriguez, 2010, p. 2), so irrigation water management is regulated by great variety of institutions. Now, understanding institutions as the rules that guide stakeholders to political and economic decision-making (North & Thomas, 1978; North, 1993), an irrigation institution is the set of working rules for supplying and using irrigation water in a particular location (Ostrom, 1992, p. 19).

Zimmerer (2000, p. 151) affirms that in the Andes the organization of irrigation has been shaped by processes that combine social conflict and co-operation, struggle and political consolidation, and human change of the environment. In Andean basins, water rights and rules to access to it can be developed under the coexistence of diverse logics in complex and fast changing processes. In this way, even in one same system or community, various types of water rights can come up simultaneously (Cremers, Ooijevaar & Boelens, 2005; Roth, Rutgerd & Zwarteveen, 2005; Von Benda-Beckmann, Von Benda-Beckmann & Spiertz, 1998).

In some Andean communities, the institutions which regulate irrigation resulted from an adaptation of those of pre-Hispanic origin (Boelens & Gelles, 2005). In other cases, such institutions are more recent and obey to changes in the agricultural production systems. Among the norms multiplicity, we can mention state and communal rules, and even norms which are about to be established; the coexistence of these rules can generate conflicts and gaps in the definition of who has right to water, how much water they can access and under what conditions.

However, many of those institutions, sometimes local, small scale and informal, meet all, or most, of the principles of long-enduring self-organized irrigation systems mentioned by Ostrom (1992), which are: clearly defined boundaries, proportional equivalence between benefits and costs, collective-choice arrangements, monitoring

design, graduated sanctions, conflict resolution mechanisms, minimal recognition of rights to organize and nested enterprises.

It was expected that the Andean countries' new constitutions, established in the last decade of the 20th century and the first decade of the 21st century, would allow the institutional incorporation of these complexities. Although the ethnic (indigenous and African descendant) communities' rights to land management were recognized, the non-ethnic social groups like peasants were not given such rights. Despite the advances done, there is still a lack of laws and regulations which guarantee the incorporation and recognition of plural institutions (Boelens, 2009; Palacios, 2003)⁵.

Public irrigation policies have been influenced by three great paradigms which appeared in the last 30 years: the first one was based on the state preeminent action, time when most of the irrigation districts were built; then, it was on the collective action and, more recently, on the individual action and the market regulation (Kuper, 2011). Neoliberal policies⁶ have motivated the process of transference of irrigation systems from the state to the users, based on the state's need to reduce costs by transferring those costs to the farmers, and paradoxically on the well-known thesis that self-governing systems increase operation efficiency⁷.

As a result of these processes, users associations (*asociaciones de usuarios*) have appeared in Bolivia and Colombia, irrigation committees (*comités de riego*) or boards of irrigators (*juntas de regantes*) in Venezuela and boards of users (*juntas de usuarios*) in Ecuador; they have allowed irrigators commissions (traditional), irrigation committees (modern) and boards of users (basin users associations) to coexist in Perú, generating conflicts among them occasionally.

These policies and processes have been controversial for their ambiguous results since, although there are several cases which show that the local users' participation in water management makes the irrigation systems more efficient, even and sustainable (Alfaro et al., 1993; Boelens & Doornbos, 2001; Boelens & Gelles, 2005; Boelens & Hoogendam, 2002; Canelón Pérez, 2008; Coward, 1977;

5 Both references show how, despite the fact that national laws recognize and protect local rights, state policies and local rules and rights are usually in dispute.

6 During 1990's most Latin American countries' policies followed – or at least intended to follow – the Chilean *Código de aguas* (Water Code), which was established during the dictatorship. This way, water rights become a tradable commodity stimulating free markets in water use and management (De Vos, Boelens & Bustamante, 2006, p. 39).

7 For example, Ostrom et al. (1994) showed that farmer-managed irrigation systems in Nepal tend to achieve average performance levels above those operated by the State.

Cremers et ál., 2003; Lam, 2001; Maldonado Rojas, 2000; Mazabel, 2007; Ostrom, 2000; Trawick, 2001; 2003; Urrutia Cobo, 2006), it has been demonstrated that local administrations is not always the panacea (Boelens & Dávila, 1998; Brooks, 2003; Gutiérrez, 2006; Urrutia Cobo, 2006); these last authors have shown that irrigation systems transferences to users have not always had substantial effects on the operations development, maintenance, and agricultural and economic productivity of irrigated lands.

On the other hand, current policies of development establish that water, as a common-pool resource, must be managed by the state because only governments have the capacity to surmount them (Ostrom, Lam & Lee, 1994, p. 197). So, it has been gradually generalized that irrigators must ask for water access permits (either paid for or for free). Although legalization of such access is not new for the formal irrigation sectors, it is expected that it will give the informal irrigators legal recognition over water use and allow the advance towards these systems' adequate formalization, which would need to involve technical support since the natural resources must be governed in a multilevel institutional scheme (Andersson & Ostrom, 2007). However, an appropriate state water management requires proper support on technical information and deep knowledge of local conditions, but the Andean countries lack these tools. Besides, power struggles to control water by agribusinesses or even extractive enterprises are some of the main factors that define the social landscape and, therefore, conflicts with the irrigation systems in Andean countries.

2. An overview to irrigation systems

2.1. Formal irrigation and agricultural development

National statistics are characterized because they are not updated very often, and the data belonging to each country change according to the source which is studied (see, for example, CIA, 2009; FAO, 2010; ICID, 2010; Thenkabail et ál., 2009; Gutiérrez-Malaxechebarria, Prime & Revillion, 2013). However, areas reported by those sources correspond to a consensus built on the data reported by governmental or multilateral entities, and refer only to formally irrigated areas.

The formal and large scale irrigation systems are located in warm lands on the coastal plains, except for those in Bolivia; also, they are located in the inter-Andean valleys in Colombia, the foothills in the Orinoco region in Venezuela, in eastern Bolivia and, marginally, in the fertile high plateaus in Ecuador and Colombia.

In these zones, mechanized and business agriculture has been benefited because of the closeness to transport infrastructure, the topography, easier access to capital and lower vulnerability to variations in hydrological regime, due to the fact that they are located in big basins' low areas; and also due to the natural characteristics of such low lands (climate, soil, humidity, temperature, luminosity), which represent comparative advantages in relation with other zones in the mentioned countries⁸. Besides, it is common to see family and business agriculture mosaics as these two actors integrate mutually and functionally (Forero Álvarez et ál., 2011), though with constant conflicts.

Formal irrigation can be oriented towards business agriculture, which is the case of private irrigation systems, and towards a combination of business and family agriculture, which is the case of state-originated irrigation systems⁹, also called irrigation districts.

According to their origin, formal irrigation systems can be managed by the state or by users associations, as in the case of irrigation districts; they can be directly managed by individuals or private associations, as in the case of private systems; or they can eventually be managed by mixed entities. In every case, however, the development of formal irrigation is designed and regulated by homogeneous norms based on engineering standards as well as on governmental and productive visions about water. Most of the formal irrigation systems in around the whole region, except for Perú, are private and irrigate big agribusiness systems. The irrigation districts, which feed smaller agribusiness and family agriculture systems, have lower participation. Now each country's irrigation systems will be exposed.

a. Bolivia:

Bolivian agricultural system is characterized as *Trinitarian* (Paz Ballivián, 1998) since there is a coexistence of typical productive relations of the peasants in the traditional area (high plateau, valleys and colonization zones in the tropic and subtropic), the business agriculturalists, and the indigenous communities in the eastern low lands. This sectorization resulted from the agrarian reform in 1953, which eliminated latifundia in the high plateau by giving the land to indigenous groups and peasants, and simultaneously adjudicated big extensions of public lands in the

8 Nevertheless, informal irrigated agriculture has also been successful when introduced in the national markets, as it will be discussed later. On the other hand, dry agriculture has successfully adapted to the ecosystemic conditions; coffee and cacao crops are the best examples of successful dry agriculture.

9 There are irrigation systems built with NGO's aid, which usually benefit family farmers. These systems can be developed either as part of an irrigation system which already exists or as an entirely new system; they can be either formal or informal.

east (Kay & Urioste, 2007). Because of this, agricultural systems are characterized as capitalist in the east (Paz Ballivián, 2009), and as family farming in the Andean zone; this fact is confirmed with the data obtained in the study done by Forero Álvarez et al. (2011), whose findings were that only 36 per cent of the agricultural production in the plains region (east) corresponds to family farming systems, while 99 per cent of agriculture in the high plateau corresponds to the same kind.

In Bolivia there is irrigation conditioning in every altitudinal level (Morlon, 1996), but it is clearly differentiated, so are farming systems. The large scale formal irrigation systems and those oriented towards business agriculture, which are mostly private, are gathered in the eastern agribusiness zone, which is greatly linked to the external market. Formal irrigation, however, is marginal in the Andes; it is mainly state systems oriented towards family farming in the high plateau and the Cochabamba valleys, zones where most of the peasants, and indigenous people, who produce for the internal market are located (Paz Ballivián, 2009).

Governmental programs, as well as those proposed by non-governmental organizations, seeking to improve living conditions of the family farmers are centered in the Bolivian Andean zone. The change irrigation can produce in these zones is so big that Jáuregui, Olivares & Colque (2005) found that after implementing small irrigation systems in five family farming zones (four in the Andean zone and one in El Chaco), an average increase of 236 per cent was reached in the family income. Despite such good economic results, Gutiérrez (2006) found that in Bolivia many of the formal irrigation projects may be abandoned or may lack maintenance due to the following facts: users are not involved when planning them; cultural, physiographic and climatological diversity are not taken into account; there are unequal power relationships between institutions and users associations, joined to the lack of proper criteria for the design and management. Similar results are evidenced for the Peruvian sierra by Solís (2001).

b. Colombia

In Colombia, as in the other Andean countries, the growth of irrigated areas has not been constant. In 1950 the irrigated area was 50 000 hectares. Between 1960 and 1990 these areas grew notoriously until reaching 900 000 hectares. In the 90's the violence-political instability duo and the economic aperture, which allowed the international competence to affect the returns of most crops negatively, had a direct negative impact on private investment in irrigation (Dinar & Keck, 1997, p. 4); this, joined to the fact that the state did not continue to condition areas for irrigation, has caused the formally irrigated area in the country to relatively remain the same since then.

In this country 65 per cent of the formally irrigated area is private (FAO, 2010); the remainder corresponds to public irrigation districts. In Colombia, as in the other Andean countries, the biggest efforts in formal irrigation, public as well as private, have taken place in the plain zones. According to interviews to officials at Incoder (the Colombian state institution responsible for irrigation), only 4.4 per cent of the total area which is formally irrigated (public and private) in Colombia corresponds to irrigation systems in mountainous zones.

Modern irrigation in Colombia started on the Caribbean coast thanks to private initiative aiming at establishing crops for exportation. Later, from the 30's in the 20th century, the state began the construction of large irrigation systems which sought the satisfaction of internal food demand; that is why such systems were mainly built in the country's inland, close to big urban centers.

Colombian irrigation developments gave very different results. For example, the establishment of the first irrigation systems in Tolima department, in the Magdalena valley, allowed the change from cattle-raising latifundia to capitalist enterprises of intensive exploitation and, consequently, caused the distribution of land to be less biased than in the rest of the department (Meertens, 2000). On the other hand, in Valle del Cauca department, the irrigation implemented by individuals was a facilitating factor in the expansion of the sugar cane mono-crop and the production means monopolization.

Although the Colombian Andean irrigation is thought to be directed mainly to family producers, we need to distinguish two sectors: the one in mountainous zones, where family farming prevails, and the one in the fertile and wide cundiboyacense high plateau, where, despite some presence of family farming, wide sectors of entrepreneurial producers oriented to dairy cattle and export flowers production stand out.

c. Ecuador

Cremers, Ooijevaar & Boelens (2005, p. 41) report that the Ecuadorian state invested vast sums of money in public irrigation infrastructure, which caused, in that time, 12 percent of the country's external debt. Despite that, the state-built systems only represent 220 000 out of the 850 000 irrigated hectares. These authors claim that the indigenous' and peasants' irrigation systems (mainly located in the Andes) were not benefited from those great investments.

In this country 86 per cent of the irrigated area is located on the coastal low zones, thanks to private, public and mixed systems, and the remaining 14 per cent is located in the High Andean zone (Maldonado Rojas, 2000), where most of the

country's family farmers and 35.5 per cent of the agricultural surface are located (Forero Álvarez et ál., 2011). Most of the formal irrigation systems in the Sierra have been originated by the state, although due to processes of transference from the state to communities, they are mixed nowadays. This distribution of irrigation could be added to the indicators of huge regional inequities in the development of Ecuadorian agriculture that Cochet & Gasselin (2007) mention.

Although only a minority of small Ecuadorian family farmers has access to formal irrigation systems, they represent 88 per cent of the formal irrigators; they have between 6 and 20 per cent of the rights to access water while the business agriculturalists (mainly located on the coast), who represent between 1 and 4 per cent of formal irrigators, have between 50 and 60 per cent of the rights to water access (Galarraga-Sánchez, 2000 in Cremers, Ooijevaar & Boelens, 2005); the remaining percentage corresponds to non-identified medium irrigators. The difference between the number of irrigators and the assigned volume is explained by the size of exploitations, and also because 74 per cent of the irrigated area corresponds to private irrigation systems aimed, almost exclusively, at satisfying the needs of business agriculture on the coast.

d. Perú

Irrigated agriculture in Perú involves more than 600 000 farmers (Solis, 2001). Although this country has long irrigation history, the current configuration started in the last third of the 19th century thanks to coastal agriculture technological modernization processes which were stimulated by the perspectives on sugar cane and cotton exportations (Eguren, 2003). In this zone, the crops are favored by dry climate, good land quality, availability of water which comes from the Andes and allows the irrigation of coastal desert valleys, and the closeness to seaports and big centers for internal consumption.

The Peruvian agrarian reform between the years 1960 to 1970 allowed the family agriculture to currently dominate the agricultural panorama in the country, since 82.1 per cent of the agricultural area corresponds to family farming (Forero Álvarez et ál., 2011). Besides distributing land, this process also redistributed access to water for irrigation; 71 per cent of the irrigated lands were expropriated and given (Eguren, 2006) to family farmers or cooperatives made by them.

The Peruvian agrarian reform changed the agricultural land tenancy in the country radically. Nevertheless, it continued the historical model of a marked geographical division of irrigation and did not encourage an even distribution of irrigation systems. In the early 90's, when the agrarian reform had finished, only 26

per cent of the irrigation infrastructure was located in the Andes, where 36 per cent of the country's agricultural land is situated, while 68 per cent of the irrigated area was on the coast, where 28 per cent of the agricultural area is placed (Díaz Lima, 1995); the remaining agricultural and irrigated area was located in the plains of the Amazon basin, which have scarce population and agricultural activity.

From the 80's, the agrarian model changed and was oriented towards exportation; this favored the appearance of an "agrarian counter-reform" in which agro-exporting enterprises obtain big areas of land from family farmers, previous beneficiaries of the agrarian reform, or buy new lands, gained to the desert through irrigation, in public auctions (Eguren, 2003; 2006). This is the reason why, despite the agrarian reform, the private sector has about the third part of the irrigated surface (Maldonado Rojas, 2000).

The current processes which favor agro-exporting businesses have boosted the irrigation development on the coast and, therefore, have slowed down new developments in the Sierra. Nowadays there are 246 000 hectares irrigated in the Sierra (Palerm-Viqueira, 2010, p. 785), which represents 20 per cent of the country's irrigated area; this means a decrease of 6 per cent with respect to what Díaz Lima (1995) reported.

e. Venezuela

Venezuela incremented its irrigation areas through programs for reinvesting petroleum profits, whose greatest boost took place in the 50's and was aimed principally at developing internal rather than export markets (Machado-Allison & Rivas, 2004). In the 60's, the Venezuelan state rural development policies emphasized on the rural sector capitalization, more than on land or wealth redistribution. Colonization of new lands was encouraged, as well as irrigation systems construction, mechanization, electrification and supervised credit (Erasmus, 1967). The process of conditioning big areas for irrigation decayed towards the 90's (Angeliaume-Descamps & Oballos, 2009).

Although most of the formally irrigated agriculture and the total of big scale irrigation systems are located in the low zones, the presence of Andean formal irrigation in hillsides is especially relevant. Venezuela is the only country in the region with a balanced geographical distribution of formal irrigation since the formal Andean irrigation systems correspond to 9 per cent of the 380 000 hectares irrigated in the country, and the states where they are developed (Mérida, Táchira and Trujillo) constitute 8.9 per cent of the national agricultural surface. This is because vast conditionings were made in the Venezuelan Andean zone between

the years 1970 and 1990 with the Valles Altos project where, thanks to temperature conditions lower than 15°C and irrigated agriculture, vegetables could be produced in order to satisfy the demand due to the changes in the urban diet. This project, which allows the irrigation of a total of 52 458 hectares (Angeliaume-Descamps, Blot, Leroy, Maire & Molina, 2011), is public and is almost exclusively directed to family farming. Despite being described as successful, Andean irrigation systems compete for water with urban centers, which deteriorates its quality.

In spite of the warning about data reliability and the lack of information about all the aspects in the Andean countries, a table is presented to summarize the existing data related to irrigation and agriculture.

TABLE 1. Some data about irrigation and agriculture in Andean Countries.

	BOLIVIA	COLOMBIA	ECUADOR	PERÚ	VENEZUELA
Family farming in the whole country (% of agricultural area) (Forero Álvarez et al., 2011)	51	67	46	82	38
Family farming in the Andes (% of agricultural area) (Forero Álvarez et al., 2011)	99	71	72	82	38
Private irrigation (%) (FAO, 2010)	8 (without including the mixed systems)	65	74	33	Scarce information about private irrigation
Formal Irrigation systems located in the mountains (%)	n.a.	4.4 (This work)	14 (Maldonado Rojas, 2000)	20 (Palerm-Viqueira, 2010)	9 (This work)
Total irrigated area (Ha) (FAO, 2010)	130.000	906.000	874.000	1.745.000	580.000
Country's agricultural area in the Andes (%)			35.5 (Forero Álvarez et al., 2011)	56 (Díaz Lima, 1995)	8.9 (FAO, 2010)
Andean irrigators	n.a.	n.a.	88% with rights to water access ranging between 6 and 20% (Cremers et al., 2005)	n.a.	n.a.

2.2. Informal irrigation and agricultural development

Small and medium irrigation are widely extended in all the Andes altitudinal zones, which contributes to molding the agrarian landscape (Le Goulven & Ruf, 1994). According to Zimmerer (2010, p. 337), such development is especially notorious in a diffuse strip located between 1000 and 3500 above sea level. In this altitudinal strip, which varies from one region to another, there is strong presence of indigenous and peasant irrigation systems (Bebbington, 1999; Ruf & Mathieu, 2001; Trawick, 2003), which have been autonomously built by the family farmers themselves, without the state entities permit or support. In other words, most of them are informal irrigation systems.

Gutiérrez-Malaxechebarria (2013, p. 267) classifies informal irrigation into individual and collective systems. The individual ones correspond to those which have been executed by a producer under his own means, with his own production logics and without further considerations than his production system. Among the collective ones, he distinguishes between associative and communitarian; the communitarian irrigation systems work under a logic that takes water access as a right, while the associative systems consider the water resource as an asset as long as it makes part of the producer's investments.

Although most of the areas mentioned above have not been registered in statistics, they have actually been reported in the literature, either directly or indirectly. For example, in Ecuador it has been demonstrated that there are impacts produced by water overexploitation above the possibilities of superficial sources, which decreases the flow of the sources where the water is taken from (Girard, 2005; Ruf & Gasselin, 1999; Vanacker et al., 2003). Information about water use regulations in systems managed by communities which do not follow the state logics is cited in Perú (Alfaro et al., 1993; Boelens & Gelles, 2005; Brunschwing, 1986; Trawick, 2001), in Ecuador (Boelens & Gelles, 2005), and for some cases in various Andean countries (Boelens & Hoogendam, 2002; Coward, 1977; Maldonado Rojas, 2000; Vanacker et al., 2003).

The small size of informal irrigation systems, their eventual coexistence with formal systems, and the diversity of regulation forms, based on each community cultural patterns, result in them operating under a wide diversity of criteria. It is not rare to observe multiplicity of regulations in one same sector or basin as neither is it that conflicts arise; and land subdivision and new systems setup increase these phenomena.

Most of the traditional Andean irrigation infrastructure works are small ditches or channels whose intakes or inlets have been built with rustic materials (Alfaro et al., 1993, p. 137), and from the 80's an accelerated and wide use of hoses is observed.

Farmers prefer to transport water by the action of gravity (Bernet, Hervé, Lehmann & Walker, 2002, p. 376) and it is common that they use various sources simultaneously. They give preference to water from springs and slope streams rather than that from rivers that go along the valleys which, despite having enough flow all year long, would require the use of pumping equipment; that implies higher costs in taking water to the place where the crops are cultivated. This phenomenon is very well documented for the case of the Colca river valley in Perú, where the farmers take water from 103 sources (streams and springs) and distribute it for irrigation through 62 channels and 74 reservoirs (Robles Mendoza, 2010, p. 205); this is because taking water from the Colca river directly would imply pumping and, therefore, higher costs in infrastructure and maintenance.

Although documentary sources about informal irrigation are not many and are dispersed in a wide gamma of diverse type studies, some evidences of its existence in the five countries under study as well as its characteristics are shown below.

a. Bolivia

Ellis-Jones & Mason (1999, p. 224) affirm that most of the Bolivian farmers use combinations of dry and irrigated agriculture; the irrigated agriculture precisely corresponds to informal systems which are not sustained in any type of agreement (Huibers, Moscoso, Durán & Van Lier, 2004).

It can be inferred from Killeen et al. (2008) that, in the zones of recent colonization, irrigation is informal; such is the specific case of the eastern foothills. For instance, in the arid and semi-arid regions of the high plateau and valleys, most of the waste water is used in indirect and informal irrigation systems (Huibers et al., 2004). On the other hand, Clark, Durón, Quispe & Stocking (1999) confirm the existence of indigenous practices for soil conditioning in the high plateau which allow the establishment of furrow irrigation.

The international aid organisms support family farmers to provide themselves with irrigation systems and though they usually focus on communal systems, they have also sponsored individual irrigation solutions; such is the case of the installation of wells in Calicanto (Zimmerer, 2011), where the number of working systems is unknown since the systems installed directly by individual users must be added to the ones sponsored by cooperation agencies. By the way, McDowell & Hess (2012) show the case of a community, apparently outside the main formal system, that could solve the conflicts caused by the climate change thanks to the support given by an international NGO to build a piping irrigation system.

Despite the fact that in 2004 the Bolivian congress approved a law which recognized the rights to farming irrigation systems the irrigators' rights are actually poorly defined and subject to the requirements of sectors which compete for water access (Perreault, 2005); those requirements depend on a wide institutional plurality and norm ambiguity, which makes the irrigator's rights be either formal or informal (Zimmerer, 2011). This last author shows how the informal irrigation takes place along with the formal systems as in the case of the *arrimantes*, who are those irrigators outside the system's boundaries that use water from the systems and try to obtain formal rights, just as in the Laka Laka project.

b. Colombia

In Colombia great part of the irrigated areas expansion, especially in the Andean zone, has been the result of informal irrigation initiatives. In this sense, Sicard León & Rodríguez Sánchez (2002, p. 16) say that in Colombia there are irrigation systems that "consist of rudimentary constructions which, by using hoses, conduct water to the properties from streams, wells or other superficial or underground water sources" and that, despite their importance, these systems do not appear in the statistics.

Gutiérrez-Malaxechebarría (2013) shows that in Colombia it is possible to find informal irrigation in the entire Andean region. In the analysis of the collected experiences, he demonstrated that most of the informal irrigation is individual, used by family producers, fed through piping which allows irrigation through sprinklers, and water is obtained through systems conceived for taking advantage of the altitudinal gradient. He also found that business agriculturalists that use informal irrigation are very few; they are located in plain zones, pump water from big rivers and, without exception, are individual irrigators.

c. Ecuador

In Ecuador, according to Le Goulven & Ruf (1993), between 75 and 80 per cent of [some of] the Andean [agricultural] area is irrigated; however, according to official information, the agricultural irrigated area in this region is 14 per cent. The difference between the experts' perception and the official information (formally irrigated areas) means that most of the Andean irrigation is informal. In this sense, Herrmann (2002, p. 338) claims that 80 per cent of the irrigated area in some zones correspond to areas which are served with ancient channel irrigation systems built in the past centuries, just like the case he studies: farming irrigation systems in Tunghuragua, which has a potential to irrigate 56 000 hectares. This system, built in

the 17th century, was recuperated by farmers and indigenous in 1945. It is an informal system since, despite being recognized by some state entities, it has not been legalized because of disagreements between the state and the irrigators in the 90's.

The Ecuadorian experts that were interviewed affirmed that, specially, but not exclusively, in the southern Andean region there are uncountable ditches and piping systems installed illegally by the irrigators themselves; these systems might compete with the supply to cities.

The above evidences, the scarce access to formal irrigation systems and the fact that Ecuadorian family agriculture (indigenous and farmers) represents 52 per cent of the agricultural production total value, using 46.1 per cent of the harvested area (Forero Álvarez et ál., 2011), allow us to suppose that these farmers use informal irrigation systems widely.

d. Perú

Communities in Perú demand the right to access water for irrigation; they argue that water and land have strong roots in the local norms and culture. Legalization of water access is given by its communal character rather than by the systems registration in the state formality. Some of these systems are formalized before the state as conflicts arise outside the community, like in the Coporaque case, in the Colca valley, studied by Vera Delgado & Zwarteveen (2008), in which the community demanded the formal legitimacy of their rights to water when they faced the possibility that a large scale modern irrigation district which took water from their source was built.

The information reported about the Peruvian Andes emphasizes on ancestral and communal systems, but does not explain if they belong to formal or informal systems. These systems work through channels, which supply water permanently and spate irrigation, which carry water in different periods of time.

Informal irrigation systems can also be modern and of external origin, thanks to rural development projects promoted by NGO's. Bernet et ál. (2002) show the case in which these programs encouraged sprinkler irrigation development in the Peruvian Sierra aiming at better efficiency than the one obtained before with channel irrigation. Nevertheless, this modernization and international recognition do not mean a step towards formality.

e. Venezuela

A recent proliferation of informal irrigation systems can be observed in the Venezuelan agriculture, where up to short time ago it was practically non-existent.

Informal irrigation systems are especially observable in zones between 1200 to 2000 meters above sea level. This process is explained by the farmers' migration from dry coffee crops to vegetables yields. On the other hand, Machado-Allison & Rivas (2004) mention that there are non-registered small private irrigation systems in the state of Bolívar (low plain zone in the Guayana region). This means that Venezuela shows an increase of these systems, especially in family farming zones.

This can be happening because, according to Machado-Allison & Rivas (2004), there has not been large scale infrastructure development lately, and because the state entities have left irrigation control unattended, which is why the responsibility for the actual systems and new projects development depend on private initiative.

Conclusions

This is the first work which reviews irrigated agricultural development in the Andean countries as a whole. A geographical pattern is shown: large and medium formal systems in plain zones, especially in low lands, and small and informal irrigation systems in mountain zones, evidencing historical macroeconomic policies.

Irrigation systems are very varied, and so are the technologies and institutions that support them. Because of this, a differentiation between informal and formal systems is possible. However, review cases and analysis show that NGOs, users, and government support of irrigators groups have actually contributed to a blurring of the distinction between irrigation types in the Andean countries. In this sense, the differentiation between formal and informal irrigation is not clear and creates the room for maneuvering different interests, so lots of tensions are evident.

Water control is done under great diversity of institutions, which generates power struggles by agribusinesses or even extractive enterprises in all regions and in all categories, exacerbating tensions and conflicts. These processes could consolidate the state monopoly over water distribution; thus, a gradual pace towards formalization of informal systems is expected so that access to water can be assured.

In this way, and considering the fact that water distribution methods are sensitive to physical, political, social and institutional factors, which make it necessary to develop concordant mechanisms (Johansson, Tsur, Roe & Doukkali, 2002) aimed at supplying the technical deficiencies, the states must incorporate community regulations and involve the users' experiential knowledge since many of these systems have offered local solutions for the efficient water use in modern systems (Coward, 1977). In other words, analyses and plans made to increase and formalize

irrigated systems must incorporate cultural and environmental factors of every zone; similarly, the technical decision-making basis must be strengthened.

References

- Alfaro, J., Guardia, F., Golte, J., Masson, L. & Oré, M. (1993). Riego y organización social. In *Gestión del agua y crisis institucional: un análisis multidisciplinario del riego en Perú* (pp. 129-151). Lima: Tecnología Intermedia.
- Andersson, K. & Ostrom, E. (2007). An Analytical Agenda for the Study of Decentralized Resource Regimes. Working Paper 01-07. Sanrem CRSP, Oired.
- Angeliaume-Descamps, A. & Oballos, J. (2009). Le maraîchage intensif irrigué dans les hautes vallées andines vénézuéliennes: quelle remise en question? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (247), 439-468.
- Angeliaume-Descamps, A., Blot, F., Leroy, D., Maire, E. & Molina, L. (2011). In A. Angéliaume-Descamps et al. (à paraître). Construction des ressources en eau au sein d'un espace agricole et protégé de montagne tropicale: les facteurs de la mise en place d'une gestion partici. *Actes du colloque des Journées de Géographie Tropicales*. Toulouse: L'harmattan.
- Bebbington, A. (1999). Capitals and Capabilities: a Framework for Analyzing Peasant Viability, Rural Livelihoods and Poverty. *World Development*, 27(12), 2021-2044.
- Bernet, T., Hervé, D., Lehmann, B. & Walker, T. (2002). Small-Scale Sprinkler Irrigation for Milk Production Improving Land use by Slope Farmers in the Andes. *Mountain Research and Development*, 22(4), 375-382.
- Boelens, R. (2009). The Politics of Disciplining Water Rights. *Development and Change*, 40(2), 307-331. Last access on October 2nd 2013, from database Wiley Online Library, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7660.2009.01316.x/full>
- Boelens, R. & Dávila, G. (1998). Water Users' Organizations, Support Approches, and the Defense of Equity. In R. Boelens & G. Dávila (Eds.), *Searching for Equity: Conceptions of Justice and Equity in Peasant Irrigation* (pp. 419-460). Assen: Van Gorcum Ltd.
- Boelens, R. & Doornbos, B. (2001). *The Battlefield of Water Rights: Rule Making Amidst Conflicting Normative Frameworks in the Ecuadorian Highlands*. Last access on June, 2014, from database Research Gate, http://www.researchgate.net/publication/40171270_The_Battlefield_of_Water_Rights_Rule_Making_Amidst_Conflicting_Normative_Frameworks_in_the_Ecuadorian_Highlands

- Boelens, R. & Gelles, P. (2005). Cultural Politics, Communal Resistance and Identity in Andean Irrigation Development. *Bulletin of Latin American Research*, 24(3), 311-327.
- Boelens, R. & Hoogendam, P. (2002). *Water Rights and Empowerment*. Assen: Van Gorcum Ltd.
- Branch, N., Kemp, R., Silva, B., Meddens, F., Williams, A., Kendall, A. & Pomacanchari, C. (2007). Testing the Sustainability and Sensitivity to Climatic Change of Terrace Agricultural Systems in the Peruvian Andes: a Pilot Study. *Journal of Archaeological Science*, 34(1), 1-9.
- Brooks, D. (2003). Pensar global pero actuar local: El caso del agua. Paper presented at Foro de las Américas. La concertación: instrumento para la gestión sostenible del agua dulce en el siglo XXI. La Paz.
- Brunschwing, G. (1986). Sistemas de producción de ladera en altura. *Bul. Inst. Fr. Et. And.*, XV(1-2), 27-32.
- Canelón Pérez, J. (2008). Los bienes comunes: sentidos producidos sobre el agua en el Valle de Quíbor, Venezuela. *Espacio Abierto Cuaderno Venezolano de Sociología*, 17(1), 109-142.
- CIA (2009). *World Fact Book*. Last access on August 05th, 2011, from <http://www.cia.gov/cia/publications/factbook/geos/in.html>
- Cifdaloz, O., Regmi, A., Anderies, J. & Rodríguez, A. (2010). Robustness, Vulnerability and Adaptive Capacity in Small-Scale Social-Ecological Systems: The Pampa Irrigation System in Nepal. *Ecology and Society*, 15(3), 1-30.
- Clark, R., Durón, G., Quispe, G. & Stocking, M. (1999). Boundary Bunds or Piles of Stones? Using Farmer's Practices in Bolivia to Aid Soil Conservation. *Mountain Research and Development*, 19(3), 235-240.
- Cochet, H. & Gasselin, P. (2007). A manera de conclusión: del interés de estudiar la mega diversidad agraria del Ecuador. In M. Vaillant et ál. (Eds.), *Mosaico agrario, Diversidades y antagonismos socio-económicos en el campo ecuatoriano* (p. 318). Quito: Sipae, IRD, IFEA.
- Coward, W. (1977). Irrigation Management Alternatives: Themes from Indigenous Irrigation Systems. *Agricultural Administration*, 4(3), 223-237.
- Cremers, L., Ooijevaar, M. & Boelens, R. (2005). Institutional Reform in the Andean Irrigation Sector: Enabling Policies for Strengthening Local Rights and Water Management. *Natural Resources Forum*, 29(1), 37-50.
- De Vos, H., Boelens, R. & Bustamante, R. (2006). Formal Law and Local Water Control in the Andean Region: a Fiercely Contested Field. *Water Resources Development*, 22(1), 37-48.

- Díaz Lima, C. (1995). Política liberal y proyectos de irrigación. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Mayor de San Marcos*, (6), 98-107.
- Dinar, A. & Keck, A. (1997). Private Irrigation Investment in Colombia: Effects of Violence, Macroeconomic Policy and Environmental Conditions. *Agricultural Economics*, 16(1), 1-15.
- Eguren, F. (2003). La agricultura de la costa peruana. *Debate Agrario*, (35), 1-37.
- Eguren, F. (2006). Reforma agraria y desarrollo rural en el Perú. In F. Eguren (Ed.), *Reforma agraria y desarrollo rural en la región andina* (p. 335). Lima: Cepes.
- Ellis-Jones, J. & Mason, T. (1999). Livelihood Strategies and Assets of Small Farmers in the Evaluation of Soil and Water Management Practices in the Temperate Inter-Andean Valleys of Bolivia. *Mountain Research and Development*, 19(3), 221-234.
- Erasmus, C. (1967). Upper Limits of Peasantry and Agrarian Reform: Bolivia, Venezuela and Mexico Compared. *Ethnology*, 6(4), 349-380.
- FAO (2010). Sistema de información de la FAO sobre el agua y la agricultura. *Aquastat Data*. Last access on June 8th, 2013, from <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>
- Forero Álvarez, J., Corrales Roa, E., Estévez Moreno, L., Correa Pinilla, D., Galeano Medina, J., Villareal Fuentes, M., Gutiérrez-Malaxechebarria, A. (2011). *Proyecto: Viabilidad económica y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles en los países andinos. Sispaand I*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Javeriana.
- Girard, S. (2005). Les páramos, espace stratégique pour la gestion de l'eau dans les Andes septentrionales: le bassin-versant du río Ambato (Équateur). *M@ppemonde*, (78), 12.
- Gutiérrez, Z. (2006). *Riego campesino y diseño compartido, Gestión local e intervención en sistemas de riego en Bolivia*. Lima: IEP.
- Gutiérrez-Malaxechebarria, A. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas and Options for Innovation. *Mountain Research and Development*, 33(3), 260-268.
- Gutiérrez-Malaxechebarria, A., Prime, S. & Revillion, C. (2013). Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 10(70), 93-114.
- Herrmann, P. (2002). Management Conflicts in the Ambato River Watershed, Tungurahua Province, Ecuador. *Mountain Research and Development*, 22(4), 338-340.
- Huibers, F., Moscoso, O., Durán, A. & Van Lier, J. (2004). The Use of Wastewater in Cochabamba, Bolivia: a Degrading Environment. In C. Scott, N. Faruqui &

- L. Raschid (Eds.), *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental* (pp. 135-144). Ottawa: Commonwealth Agricultural Bureau International, Orient-Longman, and International Development Research Centre.
- ICID (2010). *Annual Report 2009-2010*. New Delhi: Autor. Last access on November 24, 2011, from http://www.icid.org/ar_e_2009.pdf
- Jáuregui, P., Olivares, R. & Colque, L. (2005). Efectos del riego en los ingresos de las familias campesinas. Cochabamba: Programa de Desarrollo Agropecuario Sostenible, GTZ, Proagro Ucore.
- Johansson, R., Tsur, Y., Roe, T. & Doukkali, R. (2002). Pricing Irrigation Water: a Review of Theory and Practice. *Water Policy*, 4, 173-199.
- Kay, C. & Urioste, M. (2007). Bolivia's Unfinished Agrarian Reform: Rural Poverty and Development Policies. In A. Akram-Lodhi, S. Borras & C. Kay (Eds.), *Land, Poverty and Livelihoods in an Era of Globalization: Perspectives from Developing and Transition Countries* (pp. 41-79). New York: Routledge.
- Killeen, T., Guerra, A., Calzada, M., Correa, L., Calderon, V., Soria, L., Quezada, B. & Steininger, M. (2008). Total Historical Land-Use Change in Eastern Bolivia: Who, Where, When and How Much? *Ecology and Society*, 13(1). Last access on February 9th 2012, from <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art36/>
- Kuper, M. (2011). Option des destins croisés: regards sur 30 ans de recherches en grande hydraulique. *Cahiers Agricultures*, 20, 16-23.
- Lam, W. (2001). Coping with Change: a Study of Local Irrigation Institutions in Taiwan. *World Development*, 29(9), 1569-1592.
- Le Goulven, P. & Ruf, T. (1993). The Functioning of Peasants' Managed Irrigation in the Northern Ecuadorian Andes (Mira Watershed). In S. Manor & J. Chambouleyron (Eds.), *Performance and Measurement in Farmer-Managed Irrigation Systems. Proceedings of an International Workshop of the Farmer-Managed Irrigation System Network* (p. 264). Colombo: International Irrigation Management Institute.
- Le Goulven, P. & Ruf, T. (1994). Funcionamiento del riego tradicional en los Andes ecuatorianos. Recomendaciones para el Plan Nacional de Riego. In *Resúmenes de las comunicaciones presentadas en el ciclo de conferencias por los 20 años del Orstom en Ecuador* (pp. 99-105). Quito: Orstom.
- Machado-Allison, C. & Rivas, J. (2004). *La agricultura en Venezuela*. Caracas: IESE.
- Maldonado Rojas, T. (2000). *Transferencia de sistemas de riego a los usuarios en países de América Latina y el Caribe* (p. 44). Santiago: FAO. Last access on November 15 2011, from http://www.bosquesandinos.info/CESA/CESA_AG_0181.pdf

- Mazabel, D. (2007). Apuntes sobre organización social y riego en México. *Revista de Antropología Experimental*, (7), 99-106.
- McDowell, J. & Hess, J. (2012). Accessing Adaptation: Multiple Stressors on Livelihoods in the Bolivian Highlands under a Changing Climate. *Global Environmental Change*, 22(2), 342-352.
- Meertens, D. (2000). *Ensayo sobre tierra, violencia y género* (2nd ed., p. 458). Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia/Centro de Estudios Sociales.
- Morlon, P. (1996). Reducción de los riesgos climáticos por medio de acondicionamientos: el ejemplo de las heladas en el Altiplano. In *Comprender la agricultura campesina en los Andes centrales: Perú-Bolivia* (pp. 256-268). Lima: Travaux de l'IFEA.
- North, D. (1993). *Instituciones, cambio institucional y desempeño económico*. México D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- North, D. & Thomas, R. (1978). *El nacimiento del mundo occidental, una nueva historia económica*. México D. F.: Siglo XXI Editores.
- Ortloff, C., Feldman, R. & Moseley, M. (1985). Hydraulic Engineering and Historical Aspects of the Pre-Columbian Intravalley Canal Systems of the Moche Valley, Perú. *Journal of Field Archaeology*, 12(1), 77-98.
- Ostrom, E. (1992). *Crafting Institutions for Self-Governing Irrigation Systems*. San Francisco: Center for Self-Governance.
- Ostrom, E. (2000). *El gobierno de los bienes comunes. La evolución de las instituciones de acción colectiva*. México D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Fondo de Cultura Económica.
- Ostrom, E., Lam, W. & Lee, M. (1994). The Performance of Self-Governing Irrigation Systems in Nepal. *Human Systems Management*, 13, 197-207.
- Palacios, P. (2003). *Estudio sobre marcos normativos indígenas y consuetudinarios en la gestión del agua en el Ecuador*. Quito: Walir, Eclac, Wageningen University.
- Palerm-Viqueira, J. (2010). A Comparative History, from the 16th to 20th Centuries, of Irrigation Water Management in Spain, México, Chile, Mendoza (Argentina) and Perú. *Water Policy*, 12(6), 779-797. Last access on February 10th 2012, from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=23531793>
- Paz Ballivián, D. (1998). Fórmula trinitaria de la agricultura boliviana. *Temas Sociales*, (20), 71-86.
- Paz Ballivián, D. (2009). *Estructura agraria boliviana*. La Paz: Plural Editores.
- Perreault, T. (2005). State Restructuring and the Scale Politics of Rural Water Governance in Bolivia. *Environment and Planning*, 37(2), 263-284.

- Robles Mendoza, R. (2010). Sistemas de riego y ritualidad andina en el valle del Colca. *Revista Española de Antropología Americana*, 40(1), 197-217.
- Roth, D., Rutgerd, B. & Zwarteveen, M. (2005). *Legal Complexity in the Analysis of Water Rights and Water Resources Management*. In D. Roth, R. Boelens & M. Zwarteveen (Eds.), *Liquid Relations Contested Water Rights and Legal Complexity* (pp. 1-20). New Jersey: Rutgers University Press.
- Ruf, T. & Gasselin, P. (1999). *Irrigation de montagne. Les Andes Equatoriens*. Quito: ICID.
- Ruf, T. & Mathieu, P. (2001). Water Rights and the Institutional Dynamics of Irrigated Systems: between State, Market and Community Action. *International Journal of Water*, 1, 3-4.
- Sicard León, T. & Rodríguez Sánchez, L. (2002). *Ciencia, tecnología, y ambiente en la agricultura colombiana*. Bogotá D.C.: ILSA .
- Solis, J. (2001). Riego campesino: formas organizativas de regantes en comunidades andinas del Cusco. In *Problema agrario en debate*. Lima: IX Sepia.
- Thenkabail, P., Biradar, C., Noojipady, P., Dheeravath, V., Li, Y., Velpuri, M. & Dutta, R. (2009). Global Irrigated Area Map (GIAM), derived from Remote Sensing for the End of the Last Millennium. *International Journal of Remote Sensing*, 30(14), 3679-3733.
- Trawick, P. (2001). Successfully Governing the Commons: Principles of Social Organization in an Andean Irrigation System. *Human Ecology*, 29(1).
- Trawick, P. (2003). Against the Privatization of Water: an Indigenous Model for Improving Existing Laws and Successfully Governing the Commons. *World Development*, 31(6), 977-996.
- Urrutia Cobo, N. (2006). *Sustainable Management after Irrigation System Transfer. Experiencias in Colombia-the RUT Irrigation District*. Wageningen: Wageningen University.
- Vanacker, V., Govers, G., Poesen, J., Deckers, J., Dercon, G. & Loaiza, G. (2003). The Impact of Environmental Change on the Intensity and Spatial Pattern of Water Erosion in a Semi-Arid Mountainous Andean Environment. *Catena*, 51, 329-347.
- Vera Delgado, J. & Zwarteveen, M. (2008). Modernity, Exclusion and Resistance: Water and Indigenous Struggles in Perú. *Development*, 51, 114-120.
- Von Benda-Beckmann, F., von Benda-Beckmann, K. & Spiertz, J. (1998). Equity and Legal Pluralism: Taking Customary Law into Account in Natural Resource Policies. In R. Boelens & G. Dávila (Eds.), *Searching for Equity. Conceptions of Justice and Equity in Peasant Irrigation* (pp. 57-69). Assen: Van Gorcum Ltd.
- Zimmerer, K. (1995). The Origins of Andean Irrigation. *Nature*, 378(6556), 481-483.

- Zimmerer, K. (2000). Rescaling Irrigation In Latin America: the Cultural Images and Political Ecology of Water Resources. *Cultural Geographies*, 7(2), 150-175.
- Zimmerer, K. (2010). Woodlands and Agrobiodiversity in Irrigation Landscapes Amidst Global Change: Bolivia, 1990-2002. *The Professional Geographer*, 62(3), 335-356.
- Zimmerer, K. (2011). The Landscape Technology of Spate Irrigation Amid Development Changes: Assembling the Links to Resources, Livelihoods and Agrobiodiversity-Food in the Bolivian Andes. *Global Environmental Change*, 21(3), 917-934.

Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation

Author(s): Alvaro-Martin Gutiérrez-Malaxechebarria

Source: Mountain Research and Development, 33(3):260-268. 2013.

Published By: International Mountain Society

DOI: <http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1>

URL: <http://www.bioone.org/doi/full/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1>

BioOne (www.bioone.org) is a nonprofit, online aggregation of core research in the biological, ecological, and environmental sciences. BioOne provides a sustainable online platform for over 170 journals and books published by nonprofit societies, associations, museums, institutions, and presses.

Your use of this PDF, the BioOne Web site, and all posted and associated content indicates your acceptance of BioOne's Terms of Use, available at www.bioone.org/page/terms_of_use.

Usage of BioOne content is strictly limited to personal, educational, and non-commercial use. Commercial inquiries or rights and permissions requests should be directed to the individual publisher as copyright holder.

Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation

Alvaro-Martin Gutiérrez-Malatechebarria

malatechebarria@yahoo.com

Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Carrera 5 Este N°15 - 82 Bogotá, Colombia; and
Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Abatón, Torón, 4 No. 42-00, Edificio Rafael Antonio, S. J. Pío B, Bogotá, Colombia

Open access article; please credit the authors and the full source.



Knowledge about the extent of irrigated land in Colombia is scarce because most irrigation is done informally and therefore not registered. Informal irrigation in Colombia has not been investigated, its national presence has not been

identified, and its characteristics are still unknown. The present article aims to help fill this gap. Because of topographical and agricultural patterns, Andean informal irrigation is impossible to identify or characterize using standard methods. To provide information on the scale of informal irrigation systems in Colombia, their type, the users

they serve, and the type of water sources they use, a large-scale partial inventory was made combining statistical analysis, questionnaires, interviews, and field trips. The findings indicate that informal irrigation is widespread in the country's mountainous zones, in a great diversity of environments, characterized by an equally great diversity of local uses and water-use strategies. This diversity has resulted from the coexistence of very different community and state institutions, posing challenges for planning and organizing water-resource management more efficiently and sustainably for producers, the government, and other stakeholders.

Keywords: Informal irrigation; Colombia; household farming; production strategies; Andes.

Peer-reviewed: March 2013 **Accepted:** June 2013

Introduction

In the Andes there is widespread irrigation (Zimmerer 2010) and a long tradition of local water management (see, for example, Mordon 1996; Zimmerer 2000; Trawick 2003; Branch et al 2007; Robles Mendoza 2010), which had begun by 1550 BC (Zimmerer 1995). According to Trawick (2001: 963), the irrigation systems in the Andes have been through three historical processes: (1) the establishment, in pre-Hispanic times, of methods that attempted to manage a scarce resource; (2) a massive reduction of water and soil use during the colonial era; and (3) a gradual reintensification as part of the green revolution.

Since late 1970s, the expansion of irrigated agriculture in the tropical Andes has been encouraged by lower prices for irrigation technology; local producers' integration with market dynamics; the subdivision of land, which forces farmers to establish more productive farms through intensification; and the introduction of new cash crops (Dinar and Keck 1997; Forero Álvarez 1999; Angellaume-Descamps and Oballos 2009) as an important source of income. This is especially true of fruits and vegetables grown for urban markets; two examples are tomatoes in Fomeque and Villa de Leyva, Colombia, which are mainly grown for Bogotá markets, and garlic and lettuce in the Merida highlands of

Venezuela, which are mainly grown for Caracas and Maracaibo markets. Another key factor in the expansion of irrigated agriculture is the introduction of green revolution technologies (Zandstra et al 1979; Tuleit 2002; Forero Álvarez 2009).

Along with the tendency toward increasing irrigation areas through large-scale and technically supported irrigation, a high number of small-scale producers and some medium- and large-scale producers have established what is called "informal irrigation," which the Food and Agriculture Organization (FAO 2012) defines as "schemes under local responsibility, controlled and operated by local people in response to their perceived needs. In many areas with potential, farmers have attempted to enhance food production by introducing some forms of irrigation. These schemes are often ad-hoc and therefore not reported."

Simultaneously with the expansion of irrigated areas, there has been a tendency in the Colombian Andes to introduce new arrangements for water-resource management. As a result, there have been conflicts regarding water governance because both informal and formal arrangements create competition over water resource use, and the collective resource is used to circumvent the traditional paths of water governance. To address these conflicts, there is a need for systematized knowledge about the location and spatial extent of

irrigated areas in the Andes and the nature of the management systems used. Despite the strong presence of informal irrigation in the Colombian Andes, no systematic study of the phenomenon has been carried out so far; this is one of the goals of the present study.

There are methodological challenges to mapping and understanding informal irrigation in Colombia. It is known that irrigated agriculture in the tropical Andes is disseminated on a diffuse strip located between 1000 and 3500 m above sea level (Zimmerer 2010), where the climate and environmental conditions are favorable for agricultural production, and that its presence has transformed the landscape (Le Goulven and Ruf 1994). But because of the varied terrain, mountain irrigated agriculture is dispersed and difficult to monitor (Trawick 2003). This makes a combined approach necessary when measuring informal Andean irrigation: satellite image analysis, although useful as a preliminary approach, does not provide satisfactory results (Gutiérrez-Malaxechebarria et al 2013); statistical data are not completely reliable; and asking farmers, while useful, is not sufficient in itself, for reasons discussed later. A combination of approaches was thus used in this study to explore the different scales and types of irrigation systems, the users they serve, and the type of water sources they use.

The aim of the present study was to understand informal irrigation both at local and larger scales in the Colombian Andes and to derive evidence-based information that will benefit irrigation communities and other stakeholders, such as government agencies and neighborhood communities, who need to know about informal irrigation characteristics in the Colombian Andes so they can plan systems and build more sustainable water governance at the local level. Because informal irrigation exists on most tropical mountains, the methodology used may also help to support efforts to make water governance more sustainable in other mountain regions around the world.

Informal irrigation can be analyzed in various contexts, identified in different ways, and given different names. The following section reviews current approaches to the topic. This is followed by discussion of the mixed methods used in this article to find, document, and analyze informal irrigation, both in case studies and at the broader departmental scale. Finally, the results and discussion show how widely informal irrigation is distributed in the Andean parts of Colombia and what its particularities are.

Informal irrigation: a literature review

The first study of informal irrigation that included a definition of the term was the study by Cornish et al (1999), conducted in Kenya and Ghana, followed by the studies of Cornish et al (2000) and Hide et al (2001).

Studies on this topic have also been carried out in West Africa (Drechsel et al 2006; Payen and Gillet 2007), sub-Saharan Africa (Watson et al 1998), a Malawian wetland (Chidanti-Malunga 2009), and Zimbabwe (Svuhure et al 2011), the latter analyzing the relations between formal and informal irrigators. Informal irrigation has also been studied in Afghanistan (Anderson 2006) and Nepal (Rutkowski et al 2007). These studies show that informal irrigation uses different sources and water-delivery methods, takes advantage of growing urban markets, constitutes a strategy of improving livelihoods, is usually used in very small plots with intensive yields, and, in some countries, covers an area greater than the area under formal irrigation. Informal irrigation has also been studied in Bali by Lorenzen and Lorenzen (2008), who found that attempts to introduce formal institutions for water management led to confusion within the farming community.

Because informal irrigation is widely distributed around the world, it has been evidenced (but not necessarily studied) in a variety of other contexts—for example, relating to systems that use wastewater irrigation (Huibers et al 2004; Rutkowski et al 2007; Raschid-Sally 2010). It is sometimes called by other names: small irrigation (Palerm-Viqueira 2006); out-of-the-system irrigation, called *arrumadero* by Zimmerer (2010), and *hirs casiers* by Brondeau (2004); unplanned irrigation; farmers' irrigation (Kumar et al 2006; Nabahungu and Visser 2011); and, the most common term in the case of the Andean countries, indigenous or peasant irrigation (Coward 1977; Norman 1997; Perreault et al 1998; Watson et al 1998; Bebbington 1999; Ruf and Mathieu 2001; Herrmann 2002; Trawick 2003; Boelens 2009).

The great variety of informal irrigation scenarios in the Colombian Andes includes different ways of creating new informally irrigated areas, very different topographical and climatic conditions, unreliable statistical data, multiple water governance strategies, and, usually, very small patches of irrigated lands distributed across very large regions. Therefore, to understand the national reality it is necessary to study different local experiences all around the country. Local informal irrigation experiences include homogenous groups or geographically similarly delimited groups of farmers with clearly identified irrigated agriculture strategies and patterns.

Methods

Selection of study zones

The departments and municipalities in which informal irrigation systems were most evident were identified. To do this, various national experts were interviewed and official statistics on cultivated areas analyzed, so that the most relevant zones could be identified for the production of 64 fruit and vegetable crops that, based on

the research group's experience, most required informal irrigation. Information was collected in all the Andean departments except for Huila, using interviews, forms, and fieldwork. Figure 1 shows what municipalities were surveyed and what kind of information was collected.

Form filling

A form was designed to identify the characteristics of each zone that could be delimited geographically (according to departments, provinces, municipalities, and *veredas*, a political subdivision of rural municipalities) and that had relatively homogeneous socioecological characteristics corresponding to significant experiences in informal irrigation—for example, the Nasa indigenous group in the humid mountains of northern Cauca Department or peasant communities in the very dry Cañentina province of Santander Department, who have a century-old irrigation system). The forms were completed using the information provided by experts in structured questionnaires in the study zones, using a methodology similar to that used by Mulwafu et al (2003) in their study of water demand in Malawi. In the present study, some experts worked in government ministries or department secretariats of agriculture, were in charge of rural development in municipalities, or worked with regional environmental authorities; other experts were employees of universities, nongovernmental organizations, and businesses that commercialize consumables or agricultural products. A total of 28 forms were filled out between 2010 and early 2012, accounting for experiences in 94 municipalities in 10 Colombian departments; 92% of what are known as the Andean departments were thus covered. This did not cover 100% of the area of each department, as some departments have areas with non-Andean ecosystems (for example, parts of Antioquia are in the Caribbean and Magdalena Valley regions).

The information thus collected was entered into a database, where the value was registered for variables in the following areas:

- How farmers organize their agricultural production;
- Their social status, land ownership, and definition of typical agricultural arrangements;
- Organization of irrigation and technology used;
- Ways they access and transport water;
- Presence or absence of water-use agreements;
- Number of irrigators;
- Minimum and maximum average areas of productive systems in the identified zone;
- Irrigated area's percentage of total cultivated area and of total area.

Because the information collected referred to different scales, the association between the multiple variables was measured by Kendall's ranges nonparametric correlation coefficient. Two types of correlations were accepted for the analysis: those that

showed significant correlations at 0.05 and those that showed significance at 0.01.

Interviews with regional experts

Semistructured interviews were conducted with regional experts, some of whom also provided information for filling the forms. The questions varied according to the interviewee's profile, which allowed for a focus on specific topics where appropriate. The interviews covered 143 municipalities, 94 of which were also reported on in the forms. Interviews focused on each zone's general agricultural characteristics and dynamics, commercialization strategies, irrigation history, and water conflicts and agreements. The information obtained from the interviews was registered in a logbook and then treated with the qualitative data analysis program Atlas Ti, based on grounded theory (Glaser and Strauss 1967), which enables the organization, analysis, and interpretation of qualitative data.

Fieldwork

The information reported in the forms and interviews was taken as a basis for field trips to 3 areas where informal irrigation is practiced and where its presence on mountain slopes has triggered the construction of specific socioecosystems, as defined by Gallopin (2003: 44)—systems composed of a combination of biophysical and human systems. Field trips took place in the following rural districts: Montebello and La Olga (Cali, Valle del Cauca), Las Hormas (Cajamarca, Tolima), and Susa (Fómeque, Cundinamarca), located in each of the 3 chains of the Colombian Andes, shown in red in Figure 1.

During fieldwork, direct observations and spontaneous conversations with local actors were followed by in-depth interviews with informal irrigators. The information was registered in a logbook and then analyzed with Atlas Ti. The information obtained during fieldwork made it possible to complete data, verify what the experts had said, and especially to understand terrain realities and informal irrigators' logic, motivations, and regional differences.

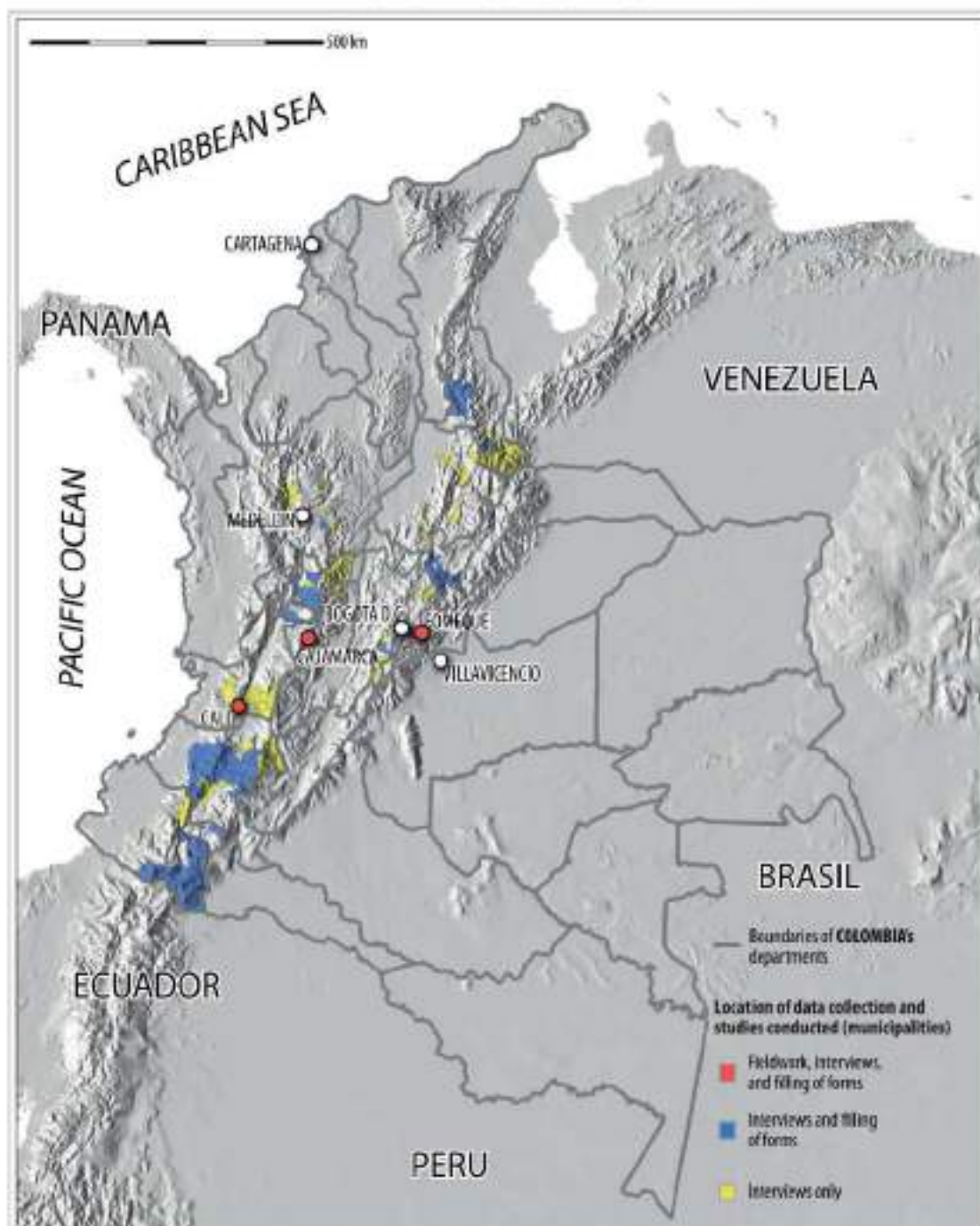
Results and discussion

This section presents the 3 case studies, which illustrate similarities and differences among informal irrigation systems. This is followed by the presentation and discussion of findings concerning the whole country. The section concludes with a redefinition of informal irrigation based on the findings of the study.

Case studies

Agriculture in these 3 zones has developed between 1500 m and 2500 m above sea level and is characterized by the presence of family farming, where informal irrigation plays an important role in the intensification of

FIGURE 1 How information was collected in each municipality under study. (Map by Juan Diego Giraldo Osorio)



agriculture using green-revolution methods; the systems have been directly implemented by the farmers, who designed them based on their own experience or the suggestions of equipment dealers. The 3 zones are

strongly integrated with the market, as they are close to consumption or distribution centers and make good examples of what Foreiro Álvarez (1999) has called "intensification without mechanization." Water is

transported through hoses, and the predominant irrigation mechanism is sprinklers.

Montebello and La Olga: The Montebello and La Olga *zonas*, located on the eastern slope of the western mountain range, specialize in the production of aromatic and medicinal herbs; these products are traded in Cali city, less than an hour away by car. There are also small poultry and mining operations in these districts. Water use is so varied that emerging conflicts have led the users to ask the state to regulate it.

Because of the low flow and multiplicity of users, serious restrictions of water use are common during the dry season, which has led to the emergence of informal agreements in the community; for example, access to water is allowed only 3 times a week (every other day). In order to use water more efficiently, the community turned to the environmental authority and were given micro-sprinkling systems for free. However, because of technological limitations, the systems worked poorly, and many of the users returned to traditional sprinklers.

In this zone, depending on how close the water sources are, there are collective and individual irrigation systems. By tradition, every family has the right to take water directly from a particular point in the river or stream.

Las Hormas: Las Hormas is a *zona* belonging to the municipality of Cajamarca, Tolima, located on the eastern slope of the central mountain chain. It specializes in red beans, fruits, and *arrozcacha*, a root vegetable (*Arracacia xanthorrhiza*). This zone has a propitious climate for agriculture and fertile but highly erodible soils (Gutiérrez-Malaxechebarria 2011). It is close to the Pan-American Highway (which passes through the municipality), and Cajamarca is a center of production and distribution of agricultural products to the country's center and west.

The intensification of production, the incorporation of agrochemicals, and the fragility of the crops make it necessary to have irrigation systems that, although not used year-round as in the other 2 zones, support intensive production during the dry periods. In general, water collecting can occur inside a farmer's property or by means of agreements between neighbors or between small farmers and large-scale farmers whose lands are located in the high zones, where the streams have their sources; water is then transported through hoses to be released by sprinklers. Collective irrigation systems were not in evidence, probably because of the widespread availability of water.

Susa: The Susa *zona*, in the municipality of Fomeque, Cundinamarca, is located on the eastern slope of the eastern mountain range. The road network allows easy access; it takes less than 3 hours to travel to big distribution centers in Bogotá and Villavicencio. Susa

specializes in horticultural crops such as tomatoes, red peppers, and green beans.

Field observation showed that 41 of the 64 ha cultivated in the *zona* (except for grass cultivation) are routinely irrigated, and that although there are pipes belonging to an irrigation district, they have never operated continuously. This is the reason producers have to provide their own informal irrigation systems, collective or individual, which take water from diverse sources, among which are springs on their own or their neighbors' farms, small nearby water courses, or streams with significant flow several kilometers away from their farms. Water access and permission for water networks to go through someone else's property are obtained through intricate and diverse agreements between family members or neighbors (Drouilleau 2010) and, in some cases, state authorities in charge of managing water. The informal agreements may vary over time, and excess-demand generates conflicts, especially between users at lower and higher altitudes.

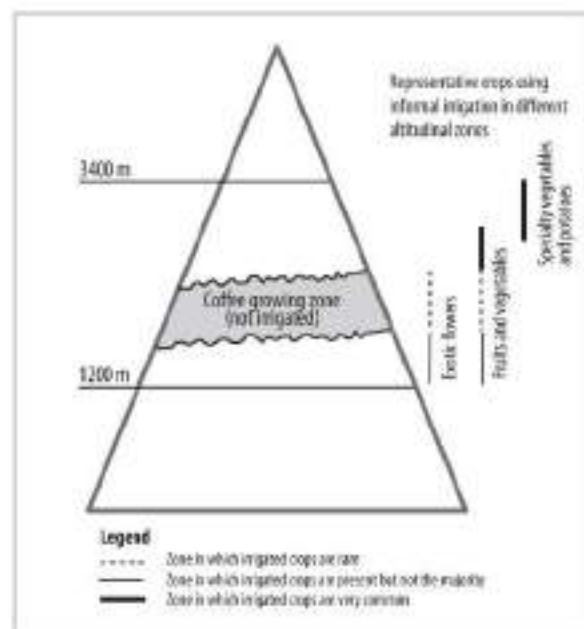
Irrigation technologies are varied; 3 systems are the most common: drip irrigation, used exclusively for tomato crops in greenhouses; sprinkler irrigation, used mostly for crops in open fields; and plant-to-plant irrigation, which consists of moving the hose around to irrigate each plant.

Generalized findings for the Colombian Andes

Origins and general characteristics: Unlike most of the agricultural areas in other Andean countries, in Colombia there is a relative abundance of water. This is why irrigated agriculture has developed only in relatively recent times and with the use of modern technology, and it is difficult to find evidence of ancient water-use arrangements.

Only 2 zones with ancient water agreements were found. Both are in dry forest ecosystems: the first in the Santa Fe area in Antioquia, where canals associated with the ancient haciendas still transport water for today's farms, and the second in Santander, where a local tradition of trading water access was reported—the farmers report having access to water sources such as springs or streams, with fixed schedules in some cases, because their grandparents or great-grandparents had bought the right to water from the owner of the land where the resource is located. Such agreements continue to be respected and can be sold or transferred to a third party. State authorities, however, ignore them.

Informal irrigation has increased since the 1970s because of the factors mentioned in the introduction. There is widespread informal irrigation in the Colombian Andes, especially in zones where there is intensive family farming, where the farmers own the land, on small-scale properties, and where access to large-scale consumption and distribution centers is easy—in other words, where the farmers have real opportunities to efficiently access

FIGURE 2 Altitudinal distribution of informal irrigation in the Colombian Andes

markets. Moreover, although there is irrigated agriculture at all altitudes, its presence is scarce in the strip where coffee is dominant, as coffee is grown in dry land (Figure 2).

These systems usually start on the farmers' own initiative; however, some nongovernmental organizations and state entities have indirectly encouraged them by promoting highly profitable crops such as strawberry and tomato, which require a reliable irrigation system.

Correlation analysis indicated the following predominant characteristics of current informal irrigation systems: (1) they are carried out by independent small-scale family farmers, (2) they are individual irrigation systems that do not involve agreements between producers, (3) water is transported through hoses, (4) sprinklers are used for irrigation, and (5) there are conflicts over water because of agricultural intensification. Some local variations exist. Although 70 variables were correlated, only the most significant correlations are shown in Table 1.

Extent of informal irrigation systems: Because of the informal irrigation systems' flexibility, seasonal use, dispersion, dynamism, and apparent invisibility, calculating served areas is an extremely complex task. However, an approximate value can be obtained by the

TABLE 1 Principal correlations.

Principal correlations within collective systems	
Individual irrigation systems; systems serving only 1 farm	-0.502*
Irigators associated to make water use less expensive	0.483*
Irrigation implemented in indigenous communities	0.582**
Irigators paying for access to water	0.548*
Water sources on Irigators' farms	-0.447*
Irigators protecting water sources	-0.489*
Existence of use arrangements	0.545*
Principal correlations with the use of sprinklers	
Irigators associated to make water use less expensive	0.455*
Local presence of conflicts over water use other than irrigation	-0.418*
Irigators paying for access to water	0.455*
Individual irrigation systems; systems serving only 1 farm	0.426*
Principal correlations with the use of water transported through hoses	
Used by peasants	0.693**
Used in individual irrigation systems; systems serving only 1 farm	0.694**

*Significant correlation at 0.05.

**Significant correlation at 0.01.

relation between irrigated and cultivated areas. For the collected data, this indicator is extremely variable, showing values from 1% for the municipality of Filandia in Quindío to 100% for sections of Pamplona, Norte de Santander.

It is also possible to determine the magnitude of informal irrigation based on data collected in the interviews. For instance, in Norte de Santander, an environmental authority employee mentioned that there are 500 registered users in the province of Pamplona and an estimated 1000 informal users. An employee of the agriculture secretariat in the same department said that although Zulia district formally irrigates 10,000 ha, there may be 5000 ha of informally irrigated land in its influence area (which would have similar characteristics to the *arriantes*, defined by Zimmerer [2010], or the *furos caseros*, defined by Brondeau [2004]). Along this line, in Antioquia, an employee of one of the regional environmental authorities said that they have identified basins in the southwest of the department where around 60% of water collection is informal.

Water transportation and irrigation techniques: Although water pumping is used occasionally, farmers prefer to transport water by gravity, a trend also reported in other Andean countries, such as Peru (Bernet et al 2002; Robles-Mendoza 2010) and Venezuela (Angelinaume-Descamps and Oballos 2009). For this reason, water is usually collected from sources that offer enough altitudinal difference, which is why it is common to use different sources, such as springs and mountain streams, simultaneously to avoid pumping costs. Nevertheless, unlike the watercourses that run along the valleys, these sources do not have enough flow to supply water all year long.

The predominant irrigation technology observed is sprinklers. Because of their wide geographical distribution, Table 1 shows that these systems correlate positively and simultaneously with variables such as associated and independent producers, with water access paid for and other types of access. It was found that they have negative correlations when there are conflicts over water use other than irrigation.

Although it is not very representative of the nation as a whole, there is an increase in the area irrigated by drip or micro sprinkling irrigation systems installed to supply sensitive crops that are highly profitable, such as tomatoes in greenhouses, heliconias, or deciduous fruit trees (peach, apple, pear, and plum). Furrow irrigation was reported only in 2 dry zones, where it was used for low-profitability crops.

Role of state water authorities: It is uncommon to have estimates of served areas like those described earlier. The environmental authorities know about the existence of informal water uses, and many of them have started campaigns to identify informal users and require them to apply for water use permits or face sanctions. However,

the basins are generally not instrumented enough, and the environmental authorities do not have enough technical resources to define the available flows; most of the time, the flows are calculated in offices by people who are unaware of the real conditions; at best, flows are defined based on only one measure taken on a single day.

The flows granted to the farmers by the environmental authorities are defined according to a unique national formula that does not take into account each case's particular conditions and the source's ability to meet the demand. Environmental authorities favor, as a policy, collective permissions to access water over individual permissions; this, combined with other factors, should encourage association as a strategy to access water for irrigation.

Although some environmental authorities attempt to identify informal users and compel them to seek permission for water use, legalizing water collection will not formalize their irrigation systems, as it does not affect the systems' operation. Sometimes authorities deliberately let the informal systems exist because it serves the interests of the formal system and they do not need to spend money or time to structure the system, especially if they do not have enough trained technicians. There are no long-term programs seeking to adapt (via formal mountainside irrigation systems) or formalize the existing systems. Neither are there clear, long-term policies, so the efforts depend on the individual officials in charge. Efforts to formalize informal irrigation are inherently ambivalent, as discussed in the following sections.

Water-use agreements: Local agreements and water uses vary from one zone to another and depend on a great variety of factors. According to De Vos et al (2006), local rights to access water emerge from a combination of adaptation and extension of historical rights, acquired rights (for example, a source on the farmer's property), and rights granted by the state.

Although individual irrigation appears to be the most widespread kind of irrigation, collective systems are on the rise because of growing water scarcity and water conflicts, and because states and donor agencies encourage this kind of system. Generally, collective irrigation systems are located in zones in which rainfall is scarce or has great seasonal variability, there are conflicts over water access, groups with strong community identity are located, and there are collective producers. These systems represent the most interesting social dynamics, among which use agreements stand out, especially on defining water quantity and schedules for irrigation. Voluntary water source protection by the users and water access by means of legalized permissions, which are generally paid for, are also evidenced in these systems.

For other Andean countries, Boelens (2009) has stated that informal irrigators do not want to be found, and that state efforts to discipline irrigation are often undesired at

the local level. This study found, however, that although asking spontaneously for water permits is not the norm, and although relations between farmers and state water authorities are usually uncomfortable, little by little an increasing number of farmers are asking state authorities for permission to access water. The purpose of these requests is to ensure use rights in the case of conflicts with their neighbors; in other words, the water access permit is a legal tool that protects them from competition over water.

As in other countries, it was found that use agreements combine a plurality of water rights in which state norms and various local traditions are mixed. This apparent chaos has the capacity to adequately respond to context-based needs, as has been shown by Boelens (2009), because the combination of formal and informal regulations helps to adapt management of and access to resources to local conditions.

Redefinition of Informal Irrigation

Although the FAO's (2012) definition of informal irrigation is quite thorough, results of this research have made it necessary to adapt the definition to local reality by including irrigation systems developed by farmers themselves, without meeting the state's formal requirements, that are not reported in national statistics. Informal irrigation systems can be further classified into individual and collective systems. *Individual irrigation systems* are those systems that a farmer builds by his or her own means, with a logic that serves only his or her own production system; *collective irrigation systems* can be subclassified as associative or communitarian; *associative systems* are developed to favor private production while saving resources through association, and *communitarian systems* are developed under a community logic that grants water access as a right.

Conclusions

The wide geographical distribution of informal irrigation systems in Colombia is encouraged by access to markets and shows small-scale farmers' capacity to adapt and

appropriate technologies, confirming findings in Colombia and elsewhere by Forero Álvarez et al (2002), Lamarche (1992), and Llambi Insua (1998). For this reason, these systems share characteristics belonging to the production systems they supply: they adapt to the surroundings, are flexible, and are built according to criteria for optimizing resource use.

The advantages of informal irrigation systems are many; nevertheless, water demand could go beyond the environmental capacity of the areas concerned, and social conflicts could appear or intensify in zones where informal irrigation systems are growing rapidly and indiscriminately. All of this could negatively affect the environmental and socioeconomic viability of agricultural production in those zones.

Although this study was carried out in Colombia, it offers lessons that are applicable elsewhere: the formalization of existing systems worldwide and the creation of new irrigation adjustments should combine the advantages of informal systems with those of formal ones. In other words, (1) they should incorporate reality and the potential users' traditional knowledge about irrigation and water management; (2) they should be designed with an awareness of the environment and meet criteria of practicality; and (3) the decision-making and technical aspects should be designed to contribute to the systems' sustainability and to minimize the environmental impacts that a design made on the go may cause, at the same time as they augment the systems' benefits.

Hence, there is a need to study irrigation water governance in more depth, to investigate specific cases and to compare different zones in order to enhance sustainable mountain development. To do this, it is necessary to establish trained, coherent, and well-equipped teams of technicians, academics, and researchers, as well as to invest in knowledge about the water sources in the supplying basins. In a paradox similar to that described by Cremers et al (2005), strengthening local rights and community autonomy requires the central government to play a coherent, well-equipped, and empowering role.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks to Pontificia Universidad Javeriana in Bogotá for its financial support for the project *Impacto Económico del Riego Informal en los Sistemas de Producción Agropecuarias de Ladera en la Región Andina Colombiana*, which allowed me to travel and collect and process the information presented in this article. Very special thanks to all those people—informal irrigators and other regional experts—who generously shared with me their experience and knowledge. Thanks to Jaime Forero Álvarez, who critiqued a draft of the article;

to Simon Prime, who made the first map of the municipalities, and to Juan Diego Granda Gaudio, who made the final version of the map; to Sonia Hernández Osampo from Pontificia Universidad Javeriana for translating the article into English; to Jennifer Galeano for the statistical treatment of data; to MRD associate editor Annie Zimmermann for her support in improving this article; and to the 2 anonymous reviewers for their very useful comments.

REFERENCES

- Anderson JM. 2006. *Water Management, Livestock and the Opium Economy: Kabul, Afghanistan*. Afghanistan Research and Evaluation Unit.
- Angélique-Descamps A, Obalios J. 2009. Le ransillage intensif irrigué dans les hautes vallées andines: viticultures, quelle remise en question? *Les Cahiers d'Outre-Mer* 24(7):439–468.
- Bebbington A. 1999. Capitals and capabilities: a framework for analyzing peasant viability, rural livelihoods and poverty. *World Development* 27(12):2021–2044. doi:10.1016/S0305-750X(99)00104-7.
- Berret T, Hervé D, Lehmann B, Walker T. 2002. Small-scale sprinkler irrigation for milk production improving land use by slope farmers in the Andes. *Mountain Research and Development* 22(4):375–382.

- Boelens R. 2009. The politics of disciplining water rights. *Development and Change* 40(2): 301–331. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-7860.2009.01516.x/full>.
- Branch N, Kemp R, Silva B, Medeiros F, Williams A, Kenda A, Pemasachari C. 2007. Testing the sustainability and sensitivity to climate change of terrace agricultural systems in the Peruvian Andes: a pilot study. *Journal of Agricultural Science* 34(1):1–9. doi:10.1016/j.jas.2006.03.011.
- Brondeau F. 2004. L'accès à l'eau, facteur de différenciation des paysages et des sociétés rurales: exemple des périmètres irrigués de l'Office du Niger et de leurs marges sèches. *Sécheresse* 1(2):73–78.
- Chidanti-Malunga JF. 2009. *Wetland Farming and Small-Scale Informal Irrigation in Malawi: The Case of Shire Valley* [PhD thesis]. Cranfield, United Kingdom: School of Applied Sciences, Cranfield University.
- Comish GA, Aldoo AB, Ayemba I. 2000. *Informal Irrigation in the Peruvian Zone of Kumbi, Ghana. Findings From an Initial Qualitative Survey*. Department for International Development (DFID) Project Report. Wallingford, United Kingdom: HR Wallingford Ltd.
- Comish GA, Mensah E, Ghesquire P. 1999. *Water Quality in Peruvian Irrigation: An Assessment of Surface Water Quality for Irrigation and Its Implications for Human Health in the Peruvian Zone of Kumbi, Ghana*. Wallingford, United Kingdom: HR Wallingford Group Limited.
- Coward W. 1977. Irrigation management alternatives: Themes from indigenous irrigation systems. *Agricultural Administration* 4(3):223–227.
- Cromers L, Ojaveer M, Boelens R. 2005. Institutional reform in the Andean irrigation sector: Enabling policies for strengthening local rights and water management. *Natural Resources Forum* 29(1):37–50. doi:10.1111/j.1477-8947.2005.00111.x.
- De Vos H, Boelens R, Bustamante A. 2006. Formal law and local water control in the Andean region: A fiercely contested field. *Water Resources Development* 22(1):37–45. doi:10.1080/07900620500405049.
- Dinar A, Kock A. 1997. Private irrigation investment in Colombia: Effects of violence, macroeconomic policy, and environmental conditions. *Agricultural Economics* 18(1):1–15. doi:10.1016/S0169-5150(96)00215-7.
- Drechsel P, Gracía S, Sonow M, Coffe O. 2006. *Informal irrigation in Urban West Africa: An Overview*. Research Report 102. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Drouineau F. 2010. Familles, patrons et voisins: la gestion de l'irrigation dans la veredora de Sasa (Páez, Andes colombiennes). Paper presented at the VIII Congreso del Consejo Europeo de Investigaciones Sociales de América Latina (CEISAL), 30 June–3 July 2010, Toulouse, France. Available from the author of the present article.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. AQUASTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en; accessed on 13 August 2012.
- Florez Álvarez J. 1999. *Economía y sociedad rural en las Andes colombianas*. Bogotá, Colombia: Fundación cultural Jóvenes de artes gráficas (JAVEGRAF).
- Florez Álvarez J. 2009. Tipología des fermes d'agriculture dans les hautes terres andines en Colombie. *Les Cahiers d'Outre-Mer* 247:419–437.
- Florez Álvarez J, Torres Guevara LE, Lucena Ortiz de Zárate P, Duran Ringalla C, Galaz-Guzmán JA, Carreras Roa E. 2002. *Sistemas de producción rurales en la Región Andina colombiana*. Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Gallopin G. 2003. *Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. Santiago, Chile: Comisión económica para América Latina y el Caribe–Economic Commission for Latin America (CEPAL–ECLAC).
- Glaser BS, Strauss AL. 1967. *The Discovery of Grounded Theory: Strategies From Qualitative Research*. Chicago, IL: Aldine.
- Gutiérrez-Malaxechebarria A. 2011. Nueva apertura en la producción de amacocha (*Amorpha cantharidifolia*) en Cajamarca (Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural* 8(67):205–228.
- Gutiérrez-Malaxechebarria A, Prime S, Ravillon C. 2013. Irrigated family farming panorama in the Latin American highlands. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)* 10(70):93–115.
- Herrmann P. 2002. Management conflicts in the Ambato River Watershed, Tungurahua Province, Ecuador. *Mountain Research and Development* 22(4):338–340. doi:10.1659/0276-4741(2002)022.
- Idle JM, Njiru J, Kinsari Thoo J. 2001. *Informal Irrigation in the Peri-Urban Zone of Nairobi, Kenya: An Analysis of Farmer Activity and Productivity*. Wallingford, United Kingdom: HR Wallingford.
- Huibers FP, Nussco D, Duran A, Van Lier AB. 2004. The use of wastewater in Cochabamba, Bolivia: A degrading environment. In: Scott C, Pasqua N, Raschid-Sally L, editors. *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental*. Ottawa, Canada: Commonwealth Agricultural Bureau International, Orient-Longman, and International Development Research Centre, pp 135–144.
- Kumar K, Satyal GS, Khandpal KD. 2006. Farmer and state managed hill irrigation systems in Kumaon Himalayas. *Indian Journal of Traditional Knowledge* 5(1):132–138.
- Lamarque H. 1992. *L'agriculture familiale. Du mythe à la réalité*. Paris, France: L'Harmattan.
- Lo Guelven P, Ruf J. 1994. Funcionamiento del riego tradicional en los andes ecuatorianos. Recomendaciones para el Plan Nacional de Riego. In: *Resúmenes de las comunicaciones presentadas en el ciclo de conferencias por los 20 años del Orstom en Ecuador*. Quito, Ecuador: ORSTOM, pp 99–105.
- Llambi Insua L. 1996. *La moderna finca familiar. Evolución de la pequeña producción capitalista en la agricultura venezolana entre 1945 y 1983*. Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Lorenzen S, Lorenzen RP. 2009. Institutionalizing the intervention in Bali Informal Irrigation and government. *Development* 51(1):77–82.
- Marion P. 1996. Reducción de los riesgos climáticos por medio de acondicionamientos: el ejemplo de las heladas en el Altiplano. *Travaux de l'F.E.A.* 95:258–268. <http://cei.fr/cei/fr/7aModelaaffiche&cpid=2468607>; accessed on 22 July 2013.
- Matswaf W, Chipeta C, Chavala G, Ferguson A, Nkhoma B, Chilima G. 2003. Water demand management in Malawi: problems and prospects for its promotion. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 28(20–27):787–796. doi:10.1016/j.pce.2003.08.003.
- Nabwanga AL, Visser SM. 2011. Contribution of wetland agriculture to farmers' livelihood in Rwanda. *Ecological Economics* 71:4–12. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.07.028.
- Norman WR. 1997. Indigenous community managed irrigation in Sahelian West Africa. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 61:83–95.
- Palerm-Nigamit J. 2006. Self-management of irrigation systems, a typology: The Mexican case. *Mexican Studies / Estudios Mexicanos* 22(2):361–385.
- Payot J, Gillet V. 2007. *L'irrigation informelle en Afrique de l'Ouest: Une solution ou un problème?* Rome, Italy: Food and Agriculture Organization (FAO).
- Perrault T, Babbington A, Carrol F. 1996. Indigenous irrigation organizations and the formation of social capital in northern highland Ecuador. Yearbook. *Conference of Latin Americanist Geographers* 24:1–15. www.jstor.org/stable/10.2307/25765855.
- Raschid-Sally L. 2010. The role and place of global surveys for assessing wastewater irrigation. *Irrigation and Drainage Systems* 24:5–21. doi:10.1007/s10705-009-9062-8.
- Ribes Mendoza R. 2010. Sistemas de riego y ruralidad andina en el valle del Cauca. *Revista Española de Antropología Americana* 40(1):197–217.
- Ruf T, Mathieu P. 2001. Water rights and the institutional dynamics of irrigated systems: between state, market and community action. *International Journal of Water* 1:3–4.
- Rutkowski T, Raschid-Sally L, Buechler S. 2007. Wastewater irrigation in the developing world—Two case studies from the Kathmandu Valley in Nepal. *Agricultural Water Management* 88(1–3):83–91. doi:10.1016/j.agwat.2006.06.012.
- Svubure D, Ahrens R, Van Der Zaag P. 2011. Representational participation of informal and formal smallholder irrigation in the Zimbabwe water sector: A mirage in the Mzingweni catchment. *Journal of Agricultural Research* 6(12):2643–2655.
- Trawick PB. 2001. The rural economy of water: Equity and antiquity in the Andean commons. *American Anthropologist* 103(2):351–379.
- Trawick PB. 2003. Against the privatization of water: An indigenous model for improving existing laws and successfully governing the commons. *World Development* 31(5):977–996. doi:10.1016/S0305-750X(03)00040-4.
- Tulef JC. 2002. La revolución del maricage dans les Andes du Venezuela. *Cahiers Des Amériques Latines* 40:49–64.
- Watson EE, Adams WM, Mutiso SK. 1998. Indigenous irrigation, agriculture and development in Marigat, Kenya. *Geographical Journal* 164(1):67–84.
- Zandstra H, Swanberg K, Barry N, Zuberli C. 1979. Ciénegas: experiencias en desarrollo rural (p. 388). Bogotá, Colombia: Centro de Investigaciones para el Desarrollo.
- Zimmerer KS. 1995. The origins of Andean irrigation. *Nature* 378(6555):481–483. doi:10.1038/378481a0.
- Zimmerer KS. 2000. Rescaling irrigation in Latin America: The cultural images and political ecology of water resources. *Cultural Geographies* 7(2):150–175. doi:10.1177/09674460000700202.
- Zimmerer KS. 2010. Woodlands and Agrobiodiversity in irrigation landscapes amidst global change: Bolivia, 1990–2002. *Professional Geographer* 62(3):335–356. doi:10.1080/00330124.2010.483631.
- Zoones A. 2002. Rural development policy in Latin America: The future of the countryside. *Social Scientist* 30(11/12):61–84.

FOTOGRAFÍAS DE ALGUNAS EXPERIENCIAS CITADAS



Foto 1. Valles altoandinos, Mérida, Venezuela.



Foto 2. Sistema de riego autodiseñado por aspersor en vereda Montebello, Cali, Colombia, para cultivos de cebolla larga y cilantro.



Foto 3. Cultivos irrigados de hierbas aromáticas, vereda La Olga, Cali, Colombia.



Foto 4. Vereda la Hormas, cultivos de fríjol y arracacha, Cajamarca, Colombia.



Foto 5. Riego por aspersión, Cajamarca, Colombia.



Foto 6. Sector de la vereda Susa, Fómeque, Colombia. Invernaderos para tomate y cultivos de hortalizas a campo abierto.



Foto 7. Instalación de sistema asociativo de riego, Vereda Susa, Fómeque, Colombia.

CAPÍTULO 2

EFICIENCIA ECONÓMICA E HÍDRICA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FAMILIARES CON SISTEMAS DE RIEGO COMUNITARIOS EN LOS ANDES²

Hemos visto que la agricultura familiar irrigada tiene un papel protagónico en la generación de empleos agrícolas, en la producción de alimentos y que está ampliamente difundida en las montañas tropicales de Latinoamérica. Sin embargo, se desconoce cómo la respuesta económica de un sistema de producción puede ser explicada o predicha utilizando información reportada por variables económicas y de acceso al agua. En este trabajo se buscó solventar este vacío.

En este capítulo buscamos evaluar las eficiencias económicas de los sistemas de producción agropecuarios familiares con riego en ladera; además de comprender, explicar y predecir su comportamiento, considerando variables económicas, de acceso al agua e institucionales.

Si bien la agricultura familiar irrigada de montaña es muy diversa y tiene muchísimas particularidades, decidimos profundizar en una zona particular que es el municipio de Fómez. Su escogencia se basó en que es una zona con un exitoso proceso de evolución que la ha afianzado como una región de agricultura familiar próspera; este proceso se ha soportado, en buena parte, en el acceso al agua para riego, tal como lo esbozamos más adelante.

La diversidad de la zona nos permitió estudiar, con miras a comparar, el desempeño de sistemas de riego formal, semi-formal e informal, los cuales también fueron clasificados de acuerdo a algunas de sus particularidades productivas. Para ello nos apoyamos en la revisión de varios indicadores clave de los sistemas de producción. Finalmente, con el fin de explicar, predecir y comprender, aun mejor, los sistemas de producción en sus relaciones productivas y de oferta hídrica, utilizamos un modelo de regresión lineal múltiple y una caracterización de los sistemas de producción, soportada en un análisis de correspondencias múltiples.

Probablemente, el resultado más revelador consiste en que si no hay limitaciones en el acceso a los factores productivos, no se evidenciarán diferencias en los resultados económicos de los sistemas de producción. Aun así, se encuentra que el actual manejo del agua genera serias limitaciones para continuar la expansión agrícola.

Esperamos que más allá de lo anterior, este documento permita ampliar la información y los análisis sobre agricultura familiar, en particular de la irrigada en montaña. La comprensión lograda deberá llevar a la formulación de políticas e incentivos adecuados para explotar sus potencialidades sin poner en riesgo su sostenibilidad.

² La mayor parte del manejo estadístico de los datos fue realizado por Mabellin Villareal y por Amaranta Carrillo. El desarrollo del modelo de regresión lineal múltiple fue realizado por Dora Suárez Villagrán, bajo mi dirección y la de mi director doctoral. Les agradecemos su permanente buena voluntad y profesionalismo. Además, con Jaime Forero Alvarez sostuvimos densas charlas que hicieron posible este trabajo. La responsabilidad de los posibles errores es enteramente mía, la de los logros es compartida.

1. CONSIDERACIONES INSTITUCIONALES EN SISTEMAS DE AGRICULTURA FAMILIAR IRRIGADA

El éxito de un agricultor irrigado, dependerá en buena medida del sistema de riego del que se abastezca. Los sistemas de riego suelen concebirse como la combinación de una infraestructura física con una institucional, por lo que en su operación se combinan criterios netamente técnicos y acuerdos sociales. Si bien todos los factores juegan su papel, Adams (1990) muestra que el factor de mayor importancia en la eficiencia o ineficiencia de un sistema de riego es el manejo institucional; en esto coinciden Burney & Naylor (2012) quienes mencionan que los factores clave de éxito o fracaso de los sistemas de pequeño riego recaen en el diseño de la tecnología y en las instituciones que soportan dicha tecnología, los que a su vez afectarán el desempeño de los sistemas de producción a los cuales abastecen. Por su parte, Kumar, Satyal, & Kandpal (2006) y Dayton-Johnson (2003) plantean que, si bien, un diseño y construcción inapropiados, usualmente, son causas de baja eficiencia hídrica y a su vez de conflictos dentro de la mayor parte de los sistemas de irrigación de montaña, los problemas de los sistemas de riego suelen ser, sobretodo, operacionales e institucionales.

Los sistemas de riego pueden clasificarse de acuerdo a su institucionalidad, para este efecto existen varias propuestas, que lejos de ser contradictorias son complementarias, razón por la que al intentar clasificar un sistema de riego de acuerdo a sus características institucionales será necesario utilizar, si no todas, varias de las tipologías propuestas a continuación, tal como se hará en la tabla 3 donde se clasifican los sistemas de riego estudiados.

Objetivos que se persiguen

Se espera que la organización institucional del manejo del agua sea desarrollada con el fin de satisfacer objetivos predefinidos, aunque debe aclararse que se pueden obtener respuestas semejantes con distintos principios organizacionales. En el planteamiento de los objetivos confluyen distintos intereses y visiones, por esta razón Gorantiwar & Smout (2005) dicen que los sistemas de irrigación se planean y operan bajo multiplicidad de objetivos que pueden estar en conflicto los unos con los otros, razón por la que no suele haber unanimidad de criterios para el diseño u operación de los sistemas de riego. Aun así, Chambers (1980) propuso 5 posibles objetivos del sistema (debe aclararse que la organización puede apuntar a satisfacer simultáneamente varios objetivos), estos son: 1. productividad del agua, 2. equidad en la distribución a los usuarios; 3. Estabilidad en mantener el suministro de agua durante el tiempo; 4. Continuidad en el uso del agua durante el año, y 5. La capacidad de mantener a la población servida en niveles de vida aceptables.

Procesos de asignación y adquisición del agua

Este mismo autor (Chambers, 1980), dice que la institucionalidad de los sistemas de riego suele basarse en la definición de quién toma qué, cuándo y dónde, y que por lo tanto pueden clasificarse de acuerdo a los procesos de asignación y adquisición del agua en: 1. Apropiación directa, cuando el usuario adquiere el agua directamente de una fuente natural; 2. Adquisición por contrato, cuando el usuario adquiere el agua a través de acuerdos con un oferente a cambio de bienes o servicios; 3. Colocación comunitaria, cuando una fuente comunal es repartida entre una comunidad de usuarios; 4. Colocación burocrática, cuando el agua es asignada directamente a los usuarios por una organización burocrática; y 5. Colocación comunitaria-burocrática, cuando el agua es asignada por una organización

burocrática a una o más comunidades de usuarios, cada una de las cuales maneja la distribución a sus integrantes.

Reglas de asignación y distribución del agua

Yoder (1994) introdujo la distinción entre reglas de asignación y de distribución del agua en los sistemas de irrigación. Las reglas de asignación se relacionan con los derechos al agua dentro de un sistema y las de distribución se relacionan con el flujo del agua dentro de este. Basado en este autor Dayton-Johnson (2003), discrimina las reglas de asignación en: división equitativa (cuando todos los usuarios disponen del mismo volumen de agua); proporcional al tamaño de la propiedad; de acuerdo a los requerimientos de los cultivos; y por mercados de agua. Por su parte, a las reglas de distribución las divide en flujo continuo, cuando los usuarios disponen permanentemente de agua; y en reglas rotacionales, cuando el agua llega por horarios.

Jerarquización de los derechos

Trawick (2001) propone una clasificación de los sistemas de riego en tres tipologías: 1. Sistemas unificados e igualitarios, también denominados autóctonos, en los cuales todos los usuarios tienen los mismos derechos de acceso al agua; 2. Sistema unificado y jerárquico, donde el orden de acceso al agua es determinado por el estatus relativos de los propietarios de los terrenos; y 3. Sistema altamente centralizado y jerárquico, que es administrado por los funcionarios estatales, de acuerdo a las reglamentaciones nacionales relativas al agua.

Burocráticos y no burocráticos.

Palerm-Viqueira (2006) propone denominar como burocráticos a los sistemas operados por personal entrenado y como no burocráticos a los sistemas operados directamente por los usuarios. En general, se argumenta que los sistemas de riego no burocráticos ofrecen mayores beneficios. En este sentido resulta pertinente mencionar un caso presentado por Dayton-Johnson (2003) quien muestra que la productividad de las unidades de riego mexicanas (sistemas manejados directamente por los productores), medida en términos de valor por unidad de tierra, es 37% mayor que la obtenida en los distritos manejados por agencias.

Formal, informal y semi-formal

Los sistemas de riego formal han sido desarrollados cumpliendo con la normatividad estatal, diseñados bajo criterios de ingeniería, acceden al agua a través de concesiones otorgadas por las autoridades ambientales y están formalmente constituidos y reconocidos por el estado; estos sistemas pueden ser de origen estatal o privado. Por su parte, muchos productores, principalmente pequeños y medianos, han desarrollado por su propia iniciativa sistemas de riego informal, que son aquellos que no cumplen con los requerimientos formales y no están reportados en las estadísticas nacionales (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2013). Los sistemas semi-formales cumplen solo parcialmente con algunas de las características de los sistemas formales.

2. INDICADORES

Según Kloezen (1998), las metodologías para evaluar la eficiencia de los sistemas de riego pueden ser agrupadas en dos: el enfoque de desempeño comparativo (que ha demostrado ser relativamente más económico y rápido de realizar) y el enfoque de desempeño interno. Svendsen & Small (1990) señalan que el último enfoque, al utilizar indicadores y estándares internos para evaluar los procesos y operaciones, implica mediciones subjetivas, tanto al establecer las metas y los objetivos como en la forma en que los distintos administradores y usuarios miden su cumplimiento, por lo tanto no permiten hacer comparaciones ni siquiera al interior de un único sistema.

Los indicadores comparativos (o externos), suelen ser medidos por distintos grupos de interés³, cada uno de los cuales puede utilizar diversas opciones. Dembélé, Ouattara, & Keïta (2001) dicen que los indicadores operacionales pueden agruparse en tres grandes grupos de gestión: agronómica, hidráulica y socio-económica.

La verdadera utilidad de los indicadores depende de su relativización y adecuación a un contexto concreto. Gorantiwar & Smout (2005); Molden, Sakthivadivel, Perry, & Fraiture, (1998) dicen que los indicadores básicos que permiten comparar el desempeño de un sistema de riego con otro, generalmente son variables de respuesta que captan la producción o su equivalente económico con respecto a las unidades utilizadas o servidas de agua y tierra. Cuando el agua es el recurso limitante el indicador relacionado con el agua será el más importante, mientras que en los casos en que la tierra es el recurso limitante, los indicadores relacionados con esta variable serán los más importantes.

La multiplicidad de indicadores y de grupos interesados en estudiarlos, puede generar confusiones, Jensen (2007) expone varias metodologías para medir la eficiencia de riego y muestra que ellas dan resultados distintos. En todo caso se sabe que un sistema de riego tiene efectos económicos substanciales solamente si los usuarios son eficientes en sus estrategias y son capaces de reinvertir los ahorros económicos y de mano de obra, iniciando la escala de incremento de la relación inversión/retornos y de acumulación de activos (Burney & Naylor, 2012).

Burney & Naylor (2012) muestran que el éxito de los sistemas de riego es ampliamente variable, razón por la que los usuarios satisfechos dicen que sus ingresos se han duplicado o triplicado, mientras que los usuarios insatisfechos mencionan el mal servicio de riego como causante de su mala situación. Entre los problemas más frecuentemente relacionados con el riego suelen mencionarse el acceso poco fiable al agua, problemas institucionales, ausencia de capacitación y fallas de los mercados.

El impacto del servicio de irrigación y el uso que se haga del agua será sentido por los productores en términos económicos: un pobre servicio, generalmente significa un ingreso reducido, y tal vez penurias y privaciones, mientras que un riego eficiente será un factor decisivo en la obtención de mejores cosechas y por lo tanto de mejores ingresos. Es así que Svendsen & Small (1990) explicitan cómo el desempeño de los sistemas de riego está conectado al bienestar personal de los agricultores; para un productor, la conexión es inmediata y directa, él depende del riego para producir y por lo tanto para proveer el sustento de su familia.

³ Wichelns (1999) dice que los profesionales interesados en medir el desempeño de los sistemas de riego suelen ser economistas, agrónomos e ingenieros.

Por nuestra parte hemos decidido utilizar indicadores de eficiencia económica e hidráulica de los sistemas de producción. Como indicadores de eficiencia económica usaremos el excedente familiar agrícola del sistema, la remuneración neta día del trabajo doméstico y la productividad del trabajo, tal como han sido definidas en Forero Álvarez et al. (2002b), también se calculará la rentabilidad antes y después de descontar rentas (como rentas se consideraron los pagos hechos por intereses de créditos y el valor del alquiler de la tierra⁴) y dos indicadores relacionados con el uso de la tierra.

El excedente familiar corresponde al valor de la producción apropiado por el productor y su familia.

$$EF = V + A + PSIRT - CM - RP \quad (1)$$

Donde,

EF = Excedente familiar.

V = Ventas de productos agropecuarios.

A = Autoconsumo.

PSIRT = Producción del sistema dedicada a donaciones, trueques y otros intercambios similares.

CM = Costos monetarios.

RP = Rentas pagadas.

La relación entre el excedente familiar y los jornales invertidos por la familia, denominados por Forero Álvarez et al. (2002b) remuneración neta diaria del trabajo doméstico (RNDTD) representa el nivel de remuneración de la mano de obra familiar. En este sentido, el sistema tenderá a ser viable si la remuneración del trabajo familiar es cercana, o supera su costo de oportunidad (ingresos que podrían obtener los miembros de la familia en actividades laborales alternativas).

$$RNDTD = EF/JD \quad (2)$$

Donde,

RNDTD= es la remuneración neta día del trabajo doméstico.

EF = Excedente familiar definido en (1).

JD = Número de jornadas invertidas por la familia en la producción agropecuaria (jornales domésticos).

Adicionalmente, es útil analizar la relación entre los ingresos netos y el total de jornales empujados (familiares y contratados.), es decir la productividad del trabajo.

⁴ La parte de la producción que se entrega a un tercero como parte de pago por la propiedad de la tierra o por asumir los costos de capital no fueron considerados en los cálculos, pues solo se captó lo que le queda al productor después del ejercicio.

$$\text{Productividad del trabajo} = \text{EF/JT} \quad (3)$$

Donde,

JT = Jornales totales empleados.

EF = Excedente familiar definido en (1).

La diferencia entre este último indicador y la RNDTD podrá ser explicada por la relación entre mano de obra familiar y mano de obra total.

En cuanto a indicadores relacionados con el uso de la tierra se ha resuelto utilizar

$$\text{Ingresos netos/área cultivada (\$/Ha)} = \text{EF/Área cultivada} \quad (4)$$

$$\text{Ingresos netos/área agrícola (\$/Ha)} = \text{EF/Área agrícola} \quad (5)$$

El área agrícola es la superficie destinada para agricultura en el año, mientras que el área cultivada, es la sumatoria de las áreas que han sido cultivadas durante el mismo año. Así por ejemplo, si un único lote de 1 Ha es cultivado dos veces al año, su área agrícola es 1Ha, pero su área cultivada es 2 Ha.

Para la eficiencia hídrica decidimos utilizar dos tipos de indicadores, uno cualitativo, conflicto; y otro de tipo cuantitativo, denominado suministro relativo de agua. Como indicador de conflicto utilizamos las limitaciones, sentidas por los agricultores, que el acceso al agua impone sobre la producción agrícola. El conflicto puede clasificarse como extremo, intermedio o sin conflicto.

El conflicto extremo está relacionados con el sistema de riego, entre ellos se incluye: en tiempo seco no se tiene acceso al agua, los usuarios aguas arriba le dejan sin agua, o el agua es insuficiente.

Por su parte el conflicto intermedio, puede asociarse con factores internos o externos, entre ellos están: servicio irregular, agua contaminada, mala calidad del agua, falta de instalaciones en el predio y terreno inapropiado para regar.

La ausencia de conflicto indica que no existen restricciones para acceder a suficiente agua y que su calidad no afecta negativamente la productividad.

El suministro relativo de agua, indicador adaptado de Molden et al. (1998), muestra la relación entre agua ofertada total y agua utilizada (si este indicador es igual a 1 muestra que la oferta es igual a la demanda).

$$\text{Suministro relativo de agua} = \text{Oferta total / agua utilizada} \quad (6)$$

3. FÓMEQUE UNA AGRICULTURA FAMILIAR EXITOSA

3.1 Localización

Fómeque es un municipio del oriente de Cundinamarca⁵ con fuerte presencia de agricultura familiar exitosa; integrada al mercado, innovadora y adaptadora de nuevas tecnologías. Se encuentra localizado en la vertiente oriental de la cordillera oriental, conectado por carretera con Bogotá en aproximadamente 56 km y con Villavicencio en aproximadamente 88 km (importantes centros de consumo y distribución de productos agrícolas), lo que en tiempos de viaje representa alrededor de 2 y 3 horas, respectivamente.

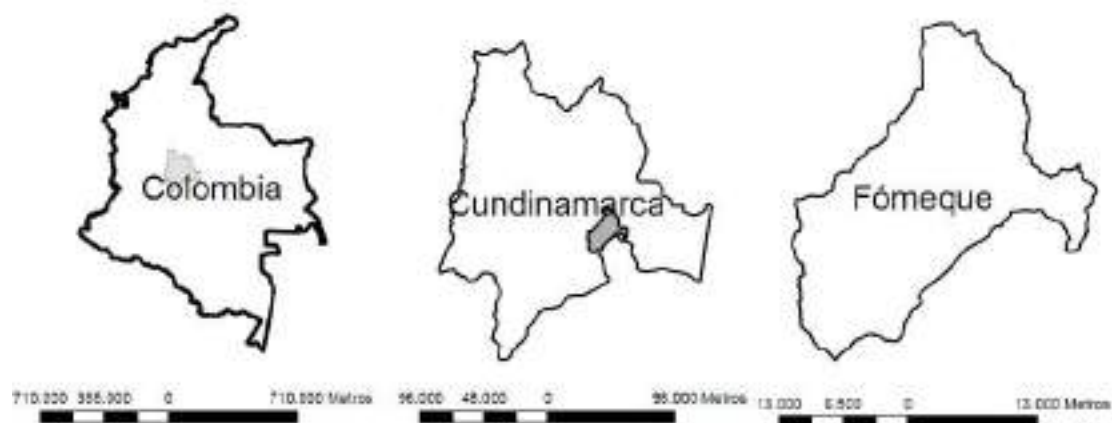


Figura 2-1. Localización del municipio (elaboración Jerson González Umaña)

Su territorio se ubica entre los 800 y 3800 msnm, con 3 pisos térmicos: medio, frío y páramo, permitiendo cierta complementariedad climática de las actividades agropecuarias. La mayor parte de la zona de páramo corresponde al parque Natural Chingaza, el cual ocupa cerca de la mitad del área municipal, en las áreas correspondientes a dicho Parque Natural no se desarrollan actividades agropecuarias; la zona fría se especializa en pequeñas ganaderías de doble propósito (existen algunos cultivos pero estos son excepcionales); y en la zona media es donde se localiza la mayor parte de la población del municipio, de las actividades agropecuarias y comerciales, incluidos los cultivos hortícolas. Lo anterior permite observar un paisaje claramente diferenciado por gradientes altitudinales, que se muestra en la foto 8 y se esquematiza en la figura 2.

⁵ Esta zona está conformada por los municipios de Fómeque, Cáqueza, Choachí, Fosca, Gutiérrez, Quetame, Ubaque, Chipaque y Une. Es la zona en que los Andes descienden hacia la Orinoquía. Hasta inicios del siglo XX fue, prácticamente, el límite oriental de la actividad agrícola y económica del país.



Foto 8. Vista panorámica de la zona.

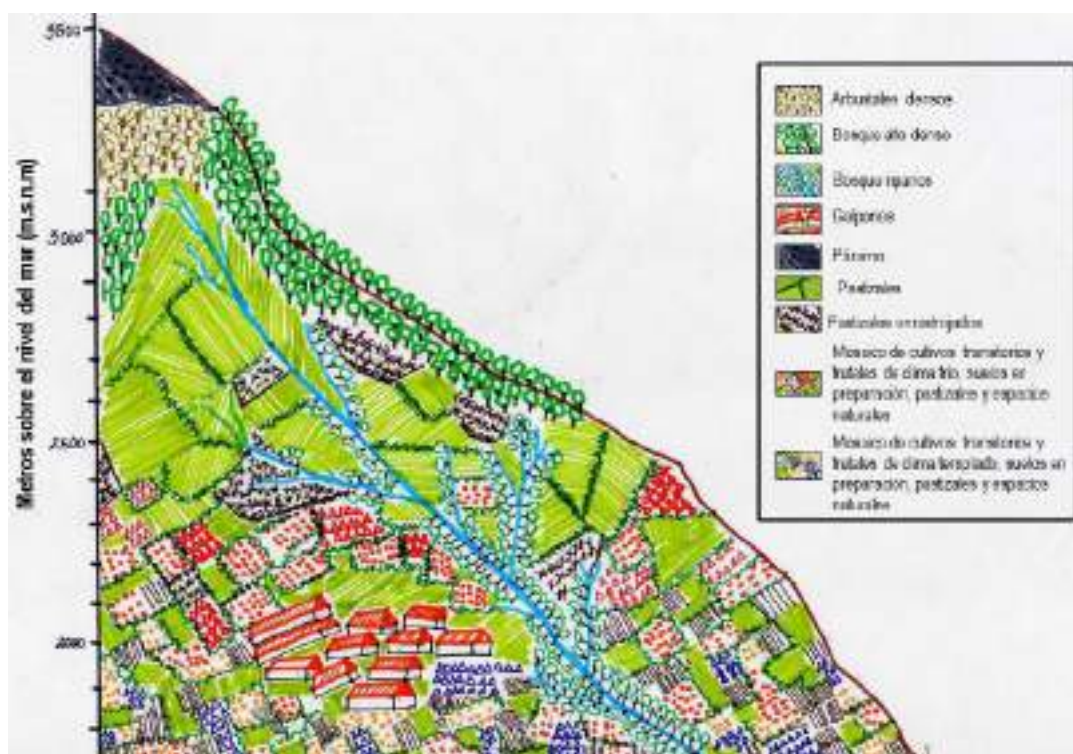


Figura 2-2. Esquema de configuración del paisaje en el municipio de Fomeque (elaboración Diana Correa)

Si bien el municipio tiene una precipitación media multianual de 1177 mm, la fuerte estacionalidad obliga a incluir sistemas de riego para viabilizar la producción agrícola durante todo el año. A continuación, en la figura 3 se muestran las precipitaciones medias mensuales de la zona media.

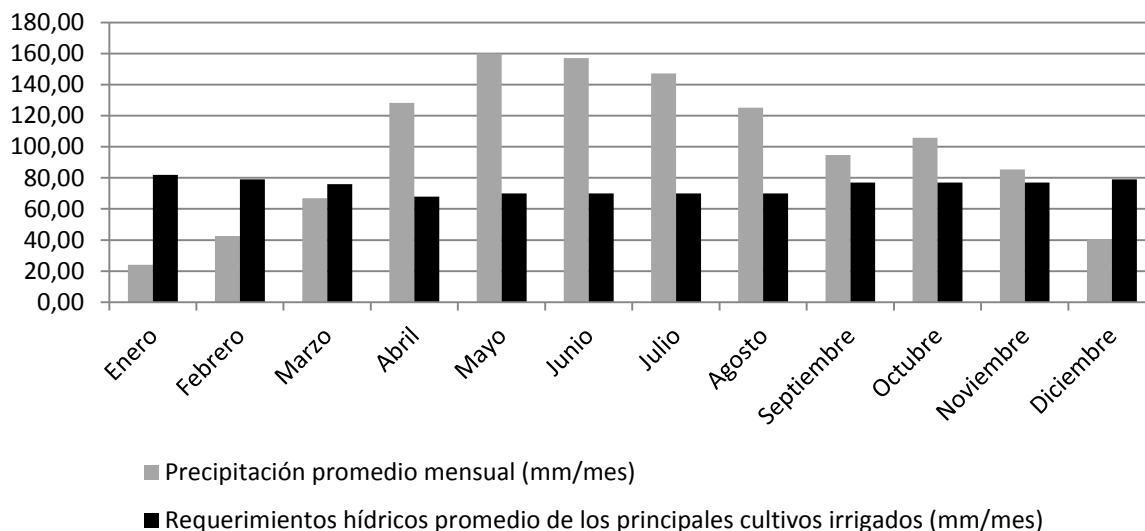


Figura 2-3. Histograma de precipitación media mensual

3.2 Desarrollo agrícola Fomequeño.

El municipio tiene una muy antigua tradición agrícola que se remonta a épocas prehispánicas, las técnicas agrícolas tradicionales utilizadas en esta zona podrían denominarse de agricultura sincrética entre técnicas prehispánicas y aportes rudimentarios de los españoles (Forero Álvarez, 1999). El largo proceso de intensificación agrícola permite que en la actualidad se observe la convivencia de herramientas de la Revolución Verde con la conservación de una identidad campesina en la que subsisten la cohesión social, tradiciones como la mano vuelta (intercambio de mano de obra entre vecinos o familiares – hoy trabajo en su propiedad, mañana usted trabaja en la mía -) y la producción de alimentos de autoconsumo, entre los que son particularmente representativos el sagú (*Canna indica*) y el maíz (*Zea maíz*).



Foto 9. Extracción de almidón de sagú. Toda la familia y eventualmente, algunos vecinos participan.



Foto 10. Fumigación de cultivos de pimentón.

Es a partir de los años 40 del siglo XX, que la actividad hortícola empieza a cobrar especial relevancia, permitiendo que en la actualidad el municipio sea una zona de agricultura familiar exitosa, integrada al mercado y altamente adaptable. Utilizando esta época como punto de partida, la historia agrícola reciente del municipio puede seguirse utilizando 7 fuentes principales: información capturada mediante entrevistas y charlas espontáneas con los habitantes; recopilación de entrevistas y crónicas de Monseñor Agustín Gutiérrez, quien fuera párroco y gestor económico y social del municipio entre 1936 y 1968⁶; Haney (1971) quien muestra cómo a finales de los años 60 e inicios de los 70 había un panorama incipiente de intensificación en un contexto social ligado al pasado; Zandstra, Swanberg, Barry, & Zulberti (1979) quienes describen una etapa de impulso a la intensificación y modernización agrícola en los años 70; Forero Álvarez & Rudas (1983) y Forero Álvarez (1999) que muestran que en la década de los ochentas había un panorama de consolidación de la agricultura familiar de la zona como innovadora e integrada al mercado, y finalmente, Forero Álvarez et al. (2002a) que evidencia procesos de innovación y dinámicas productivas recientes para la época. Son estas las principales fuentes que utilizaremos (claro está apoyadas en otras más, pero utilizadas en menor medida) para esbozar el desarrollo agrícola de la zona, desde los años 40 hasta nuestros días.

Años 40 y 50. Génesis.

El municipio entró al siglo XX con una clara organización colonial de los sistemas de producción y donde la posición social era respaldada por la propiedad de la tierra. Si bien existían pequeñas propiedades, vestigios del antiguo resguardo indígena y terrenos de algunos arrendatarios, el sistema era principalmente latifundista (aunque en comparación con otras zonas del país las haciendas locales eran relativamente pequeñas).

Hacia los años 40 empezó un rápido proceso de parcelación de las grandes haciendas, sustentado principalmente en la división de las tierras a causa de las sucesivas herencias y en la venta y entrega de terrenos como pago por su trabajo a los arrendatarios.

Estos procesos llevaron a que, a pesar de que en la zona no se hayan adelantado procesos de reforma agraria, en la actualidad la mayor parte de los sistemas de producción de las zonas productivas sean pequeños con una distribución equitativa de la tierra⁷.

La rápida subdivisión de la tierra acarrió la necesidad de cambiar las estrategias de producción y de administración para viabilizar económicamente la producción de terrenos pequeños, habitados y trabajados por agricultores familiares. Monseñor Agustín Gutiérrez decía que en vista de que los

⁶ Una reseña de Monseñor Gutiérrez dice que él “Daba consejos sobre el manejo adecuado de la tierra, mantenimiento de las aguas de uso doméstico, cuidado de las plantas ornamentales, mejoramiento de la vivienda y el mutuo entendimiento de quienes forman el núcleo familiar, combatía la embriaguez, los juegos de azar y propugnaba por el desarrollo de las industrias menores. Su mayor anhelo era dar una formación integral”(Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez, 2014).

⁷ Nuestras mediciones para las tres zonas de estudio nos arrojaron valores del coeficiente de Gini, de 0,31, 0,23 y 0,24. Aun así, según CEDE (UNIANDES)-IGAC-Universidad de Antioquia (2012) el Gini de tierras para el total del municipio en 2011 era de 0,89; el estudio muestra que el 63% de los propietarios tienen menos de 3 Ha (15,4% de la tierra), 11% entre 3 y 5 Ha (7,4% de la tierra), 11% entre 5 y 10 Ha (11,5% de la tierra); 11% entre 50 y 10Ha (27% de la tierra) y 3% entre 50 y 1000Ha (38,7% de la tierra). Es decir que el índice de Gini debería ser relativizado o discriminado según la productividad de la tierra. Pues a nivel especulativo podría considerarse que las propiedades con las mayores extensiones de tierra se localizan en las zonas más altas de clima frío y subpáramo, propiedades que generan muy bajos ingresos por unidad de área, al estar dedicadas principalmente a la ganadería extensiva.

habitantes de la parroquia eran pequeños propietarios deberían fortalecer sus capacidades de administración de los recursos e intensificar la producción para aumentar sus ingresos⁸, razón por la que promovió la adopción de nuevos cultivos y nuevas técnicas, así como la instalación de una granja experimental.

Bien sea por las iniciativas de Monseñor Gutiérrez o por dinámicas propias del mercado, ya en los años 50 la producción hortícola orientada al mercado era una actividad importante en las estrategias de producción de los hogares. Un campesino de 90 años, dijo en una entrevista en 2011.

“Cuando me enteré de que habían matado a Gaitán⁹ yo estaba recogiendo tomate, que en esa época nosotros creíamos que se usaba para remedio, lo llevábamos en bueyes a la Plaza de las Cruces...”
(en Bogotá).

En aquel entonces el tomate (*Lycopersicum esculentum*) era un cultivo de reciente introducción, tanto que se cultivaba exclusivamente para la venta (muchos agricultores, entre los que se encontraba el entrevistado, no sabían exactamente para qué servía) y por consiguiente era una estrategia orientada a la obtención de recursos monetarios. En las incipientes dinámicas de integración a los mercados, este cultivo fue precedido por la caña de azúcar, cultivada principalmente para la producción de mieles y aguardientes (generalmente ilegales), cultivo que hoy es prácticamente inexistente.

La introducción del tomate fue seguida por la de otros cultivos que complementaron las estrategias de diversificación de la producción y de generación de ingresos monetarios, entre los más importantes están la habichuela (*Phaseolus vulgaris*) hacia los años 70, la cebolla (*Allium cepa*), el pepino de rellenar (*Cyclanthera Pedata*) y el pimentón (*Capsicum annum*) en los años 80 y 90. Hoy, a excepción de la cebolla, estos productos siguen siendo los más representativos, en especial el tomate y la habichuela.

Los años 60. Pobreza rural y modernización.

Haney (1971) exponía cómo a finales de los años 60 la mayor parte de la población se localizaba en la zona de clima medio, semejante al patrón de poblamiento actual. Sin embargo, aparentemente, en aquella época había mayor actividad en la zona fría, en donde los cultivos de papa eran especialmente representativos. Según este mismo autor, se observaba la combinación de cultivos de autoconsumo y dirigidos al mercado, así como la complementariedad de los ingresos familiares entre actividades agrícolas y actividades extra prediales. Si bien el 73% de los agricultores eran

⁸ La frase original es “..Todos en aquella parroquia son propietarios y como no son grandes extensiones, que aspiren a poca pero muy bien atendida, practicando la agricultura intensiva, obteniendo cultivos productivos donde los campesinos defienden sus parcelas, tienen dinero y al mismo tiempo saben gustarlo.”

⁹ Jorge Eliecer Gaitán, candidato a la presidencia, fue asesinado el 9 de abril de 1948. Su muerte fue el detonante del “Bogotazo”, que llevó a la destrucción de buena parte del centro histórico de Bogotá y que impulsó el periodo denominado como La Violencia. Por lo anterior es una fecha importante en el imaginario colectivo y la mayor parte de personas que lo vivieron recuerdan que hacían en ese momento.

propietarios¹⁰, los acuerdos para acceder a la tierra y al capital eran comunes, lo que permitía que los terratenientes asentados en el pueblo tuvieran un amplio poder y control sobre extensas zonas rurales. En ese entonces, según el mismo autor, las familias campesinas, por lo regular, estaban encerradas en un estado crónico de pobreza en una tierra condenada a una vida corta por el uso persistente de técnicas de producción agotadoras.

Años 70. El impulso decisivo.

En el periodo 1975-1988 se aceleró la tecnificación campesina del país gracias a las casas comercializadoras de insumos agropecuarios y a la transferencia de tecnología adelantada por las agencias del Estado y por la Federación Nacional de Cafeteros (Arango Restrepo, 1994). En la región que comprende la zona de estudio, entre 1971 y 1974, se realizó una de las cinco experiencias piloto llevadas a cabo en Colombia dentro de los Proyectos de Desarrollo Rural Integrado (DRI), este se denominó “Provincia de Oriente de Cundinamarca” (más conocido como Proyecto Cáqueza), documentado por Zandstra et al. (1979). Este programa constituyó un esfuerzo para poner tecnologías mejoradas a disposición de los agricultores, buscando entre otros aspectos, incrementar los ingresos de las familias rurales y su calidad de vida. Estos autores muestran que antes del proyecto los cultivos se realizaban de forma “antitécnica” con relación a la oferta tecnológica disponible y que su productividad era muy inferior a la esperada, con la excepción de algunos cultivos hortícolas para los que ya se había iniciado un proceso de adaptación a la Revolución Verde.

Consciente de la importancia de la complementariedad entre agricultura de autoconsumo y de la orientada a la obtención de ingresos monetarios, el Proyecto Cáqueza priorizó el aumento del rendimiento de los cultivos de subsistencia para así liberar áreas agrícolas, y por esta vía ampliar el área disponible para los cultivos comerciales que generan ingresos monetarios a los agricultores.

El proyecto Cáqueza se considera como exitoso pues logró sus objetivos, entre los cuales se destaca la modernización agrícola en la zona y el haberse convertido en una experiencia clave en el reconocimiento de la investigación en terreno.

De los ochentas al final del siglo. Consolidación de una agricultura familiar innovadora e integrada al mercado.

A finales de siglo XX el Oriente de Cundinamarca era una zona de pequeña producción familiar intensificada y altamente monetizada con la adopción a fondo del modelo de “tecnificación sin mecanización” (Forero Álvarez, 1999: 120). Esta zona, al igual que otras del país como Fusagasugá, Aquitania y Repelón, eran casos relevantes de una nueva horticultura muy intensiva en capital, en las cuales se había sustituido el maíz y otros cultivos tradicionales por hortalizas (Arango Restrepo et al., 1991: 42). La producción fomequeña estaba orientada al mercado de Bogotá. Se observaba un pleno empleo rural y prácticamente toda la tierra ubicada por debajo de los 2500 m estaba cultivada por productores que trabajaban con una racionalidad económica orientada, a la vez, a la optimización de beneficios y a la reproducción de la familia (Forero Álvarez & Rudas, 1983).

¹⁰ Al parecer, buena parte de ellos eran minifundistas, en el sentido en que lo define Fals Borda (1957), es decir que el pequeño tamaño de los predios era un impedimento para que la familia pudiera sostenerse gracias a su propia producción.

El éxito estaba asociado a la integración a los mercados y a mejoras en infraestructura que dinamizaban estos procesos. La llegada de las carreteras verdales fue un elemento importante en la transformación productiva de las veredas. Forero Álvarez & Rudas (1983: 131-133) muestran el caso de la vereda Chinia en donde la construcción de la carretera permitió el cambio agrícola, pasando de productos con baja relación volumen sobre unidad de peso a productos que generan mayores excedentes y que exigen mejores condiciones de transporte como el tomate, habichuela, tomate de árbol y pepino. Prácticamente todos los productores que tenían posibilidad de transportar sus productos por carretera involucraron el cambio técnico.

Las asociaciones por medio de la aparcería eran tan comunes que Forero Álvarez (1999) calculó, según datos de Bernal (1990), que entre el 39,7% y el 15,5% del área en cebolla y tomate, los principales cultivos de la época, se cultivaban en medianería¹¹.

En la medianería observada en la época, el propietario además de proveer la tierra aportaba una parte sustancial de los recursos monetarios, de manera que se configuraba una asociación en la cual propietario y agricultor compartían costos y riesgos, “por medio de la aparcería se logra un equilibrio complejo entre la diversa disponibilidad de tierra, de mano de obra familiar, de dinero y de las capacidades de contratación de trabajadores asalariados, de los campesinos asociados. La medianería, en consecuencia, hace posible una mayor utilización de estos recursos, frente a una situación hipotética en la que cada cual se limita a cultivar su propia finca” (Forero Álvarez, 1999: 129). Forero Álvarez & Rudas (1983) encontraron que en Cáqueza y Choachí (municipios vecinos a Fómeque) más del 64% de los agricultores que no trabajaban bajo arreglos de medianería registró rentabilidades negativas, mientras que el 85% de los medianeros obtuvo utilidades.

Forero Álvarez & Rudas (1983) reportaron que empresas familiares informales constituían un sector de intermediarios rurales-urbanos bien adaptados al mercado que subremuneraban la mano de obra familiar, cuyos costos más bajos imposibilitaban la aparición de cooperativas u otros intermediarios formales. Por su parte, los campesinos vendían sistemáticamente sus cosechas por debajo de los costos de producción, no alcanzando a remunerar completamente la mano de obra familiar invertida, pero si los costos monetarios (Forero Álvarez & Rudas, 1983).

Iniciando el nuevo siglo. Una agricultura familiar consolidada; cultivos dirigidos al mercado y al autoconsumo.

La mayor innovación, asociada a un cambio en las estrategias y prioridades de los agricultores, fue el cultivo de tomate bajo invernadero, que apareció en 1992. “Algunos productores familiares de Fómeque -en especial los productores de tomate bajo invernadero- tienen una racionalidad económica orientada a la ganancia” (Forero Álvarez et al., 2002a: 114), este tipo de agentes no se había detectado antes y estos autores sugieren que su surgimiento se relaciona con la reciente evolución económica de la producción agrícola en la región caracterizada por la inversión productiva de excedentes acumulados años atrás concentrados por empresarios rurales. Para este cultivo, la medianería (se encontraron 8 tipos) era un sistema generalmente asimétrico, pues el propietario (socio financiero) aportaba menos del 50% de los costos y recibía el 50% de la cosecha (utilizando los datos de la referencia se calcula que el agricultor aportaba el 70% de los costos totales y el socio el 30%).

¹¹ Los autores utilizan el término aparcería. Sin embargo, en realidad se refieren a medianería que incluye una gran variedad de acuerdos, entre 2 o más actores, orientados a optimizar el acceso a los medios de producción. Usaremos el término medianería.

La racionalidad productiva y económica permitió el surgimiento de un núcleo de productores que sin dejar de ser empresarios familiares, han tenido la capacidad de arreglar sus sistemas de producción en función de la obtención sistemática de ingresos monetarios (en especial quienes habían adoptado, recientemente, la innovación provista por la producción de tomate bajo invernadero), contrario a lo reportado por Zandstra, Swanberg, Barry, & Zulberti (1979), quienes encontraron que en los años 70 los productores más que magnificar ganancias orientaban sus metas a evitar los riesgos. Es decir que entre los años 70 y 90, probablemente como consecuencia del proyecto Cáqueza, se gestó un cambio importante en la racionalidad económica de los agricultores familiares evidenciado en una mayor intensificación agrícola, mayor presencia de cultivos especializados y mayor monetización del trabajo.

Forero Álvarez et al. (2002a) reportaban que en la cuenca de la Quebrada Negra, para algunos cultivos, se observaba que hasta el 50% de los jornales eran contratados, aun así estos sistemas de producción se definían como estrictamente familiares, puesto que su finalidad era la reproducción de la familia y la organización del trabajo dependía de las relaciones familiares.

En la actualidad las explotaciones combinan de forma muy dinámica cultivos dirigidos al mercado y otros para el autoconsumo, tanto que aunque la mayor parte de la producción agrícola está orientada al mercado, Forero Álvarez et al. (2002a) y Torres Guevara (2002), encontraron que esta es una de las zonas rurales colombianas con mayor autoconsumo agropecuario, donde este representa entre el 21% y 82%¹² de la canasta normal de alimentos, pero al mismo tiempo, una porción muy baja del valor total de la producción.

La producción agrícola está claramente diferenciada: el autoconsumo se centra en productos tradicionales, de agricultura de secano, como maíz, sagú (raíz de la que se procesa un almidón comestible), guatila (*Sechium edule*), calabaza y frutales, entre otros; mientras que la producción dirigida al mercado la componen los productos hortícolas que deben ser irrigados como tomate, pimentón, pepino de rellenar y habichuela, los que rara vez son autoconsumidos. Los cultivos irrigados suelen localizarse en las zonas de menores pendientes, y las zonas escarpadas suelen dedicarse a pastos, los que generalmente no son regados.

Las estrategias de obtención de ingresos monetarios y las de producción de alimentos de autoconsumo son complementarias. Esto porque el autoconsumo disminuye el riesgo de caída de los ingresos ante las variaciones de los precios de venta de las cosechas y porque permite un mayor y mejor uso de la tierra; los cultivos de autoconsumo suelen ubicarse en zonas marginales o residuales, en el espacio peridomiciliario o compartiendo espacio con los cultivos comerciales, bien sea a su alrededor o intercalados; también suelen hacerse rotaciones entre cultivos comerciales y de autoconsumo, lo que permite la reproducción de los valores culturales, el descanso del suelo y ayuda en el control de plagas.

El componente pecuario generalmente lo constituyen unos pocos vacunos¹³ y algunas gallinas sueltas. Los predios suelen tener un espacio con pasto destinado a alimentar a una o dos reses que

¹² El 69,9 del valor lo representaban los productos de origen animal (lácteos y huevos principalmente).

¹³ Si bien no se sistematizó esta información, una parte representativa de los agricultores reportó tener 2 predios; uno de menor tamaño en el que se localiza la residencia familiar y las actividades agrícolas y un segundo predio, generalmente, de mayor tamaño, localizado en la zona fría en el que tienen hasta 10 reses bajo sistema de ganadería extensiva y constituyen la principal estrategia de ahorro de las familias. La

producen leche para la familia, la que se transforma en cuajadas utilizadas en panes de maíz y sagú, parte importantísima de la dieta local. Los huevos producidos en las finca pueden ser vendidos en el mercado local a un precio superior al de los huevos agorindustriales.



Foto 11. Complementariedad de actividades dirigidas al mercado y al autoconsumo. Vaca pastoreando cerca de un invernadero para cultivo de tomate, al fondo cultivos de maíz, sagú y algunas plantas de plátano.



Foto 12. En primer plano terreno en descanso después de un cultivo de maíz (para autoconsumo) que se instaló después de un cultivo de habichuela (dirigido al mercado), del que se observa el tutorado. Al fondo, mosaicos de cultivos y casco urbano de Fómeque.

tenencia de estos terrenos puede llegar a ser muy compleja; en algunos casos los familiares u otras personas cercanas tienen derecho a tener algunos animales en las fincas de tierra fría a cambio de revisar el ganado ajeno con una periodicidad definida, también se identificaron terrenos que tenían varios propietarios.

El largo proceso de transformaciones productivas, ha llevado a que en la actualidad se halle consolidado un amplio sector de agricultores familiares prósperos, innovadores, integrados al mercado y altamente adaptables a condiciones cambiantes. Buena parte del éxito de la agricultura regional se ha soportado en paquetes de la Revolución Verde, dentro de los cuales el uso de agua de irrigación juega un papel muy importante. La evolución del manejo del agua para riego ha ido de la mano de la evolución de las técnicas y dinámicas agrícolas, tal como se esboza a continuación.



Foto 13 y 14. Trabajadores familiares y contratados “colgando habichuela” (izquierda). Trabajo familiar en selección y empaque de tomate (derecha).

3.3 Dinámica de la irrigación

La agricultura tradicional era principalmente de secano y se orientaba al autoconsumo y a la producción de algunos excedentes. Sin embargo, existen algunas tradiciones que buscan asegurar el continuo suministro del agua, por lo que es común escuchar que:

“el agua no se debe envidiar porque se acaba”.

Esta frase implica que el agua es un recurso común y que debe compartirse de manera solidaria, so pena de su desaparición. Tradición antigua que permitió que antes de que se contara con infraestructura de distribución del agua se hicieran acuerdos para permitir que las familias que no disponían de fuentes de agua en sus terrenos pudieran acceder a terrenos ajenos para lavar, abastecerse de agua de consumo o para llevar a los ganados a beber¹⁴.

Las primeras infraestructuras de transporte de agua para riego, que aparecieron entre los años 40 y 60, eran pequeñas acequias comunitarias construidas para derivar el agua de las zonas altas hacia las zonas medias que no tenían cuerpos de agua permanentes. Estas acequias se conocían como “tomas”, cuando su tamaño era pequeño se las denominaba “caños” o “cañitos” cuando eran muy pequeñas. Su construcción era liderada por los hacendados de la zona y fueron construidas con mano de obra de los pequeños propietarios bajo el sistema de “obligación”, en el que se hace un trabajo colectivo para obtener un fin común, cada familia de la zona aportaba trabajo, dinero, o alimentos, tanto para la construcción como para el mantenimiento.

¹⁴ Cada familia tenía derecho a utilizar un lugar en el fondo del valle, al que llevaban el ganado a beber directamente del río en las épocas secas, accediendo a dicho punto por terrenos de terceros.

Las tomas, caños y cañitos permitieron la introducción de cultivos irrigados de alta rentabilidad como el tomate. El agua transportada por estas infraestructuras era almacenada en pequeños pozos o reservorios, desde donde se transportaba en vasijas hasta las plantas.

Con el aumento de las áreas cultivadas, aumentó la demanda de agua y a su vez los conflictos por acceder a este recurso. Generalmente, estos conflictos se presentaban entre familias ubicadas aguas abajo y aguas arriba, pues los de aguas arriba utilizaban la mayor parte del caudal, de manera que la agricultura irrigada era muy riesgosa en las zonas bajas.

Si bien la intensificación, basada al comienzo en el tomate y posteriormente complementada con la habichuela, mejoró la posibilidad de las familias de obtener ingresos, los conflictos derivados destruyeron la organización social que permitía el mantenimiento de las acequias, agravando la situación de los usuarios de las zonas bajas, quienes, en el mejor de los casos, solo podían abastecerse de pequeños manantiales ubicados en sus predios o en predios de vecinos.

Fue con la aparición de las mangueras plásticas¹⁵ que se facilitó el acceso al agua para todos. Sin embargo, su proliferación agotó las fuentes cercanas y acarrió nuevos conflictos, que en algunos casos fueron solucionados con la construcción de sistemas de riego colectivos, formales o informales; cuya proliferación, a su vez, ha generado, en algunos casos conflictos entre distintas comunidades que se abastecen de la misma fuente.

La masificación del uso de mangueras permitió y respondió a la mayor presencia de los cultivos de tomate a campo abierto y de habichuela, ya establecidos en años anteriores, y a la aparición de nuevos cultivos. En los años 80, de forma paralela a la construcción de carreteras veredales, se incluyó el cultivo intensivo de pepino de rellenar (generalmente en época de lluvias o irrigado en zonas frescas) y posteriormente, el pimentón y tomate bajo invernadero en los años 90.

Si bien sigue habiendo limitaciones en el acceso al agua, al resolverse su abastecimiento en las zonas de menor altitud, en donde las mayores temperaturas ofrecidas por el gradiente altitudinal permiten mayores y mejores cosechas, la agricultura intensiva e irrigada migró de las zonas altas hacia las zonas bajas. Posiblemente es por esta razón que Haney (1971) encontró una mayor actividad agrícola que la actual en las zonas altas, pues en esa época las zonas bajas no habían asegurado el suministro al agua.

A continuación, en las tablas 1 y 2 se esquematiza el desarrollo histórico de los sistemas de producción del municipio y de los sistemas de riego en los que se han soportado.

¹⁵ A mediados de la década de los 50 llegaron las primeras mangueras. Sin embargo, su costo era muy elevado, tanto que el valor de un rollo era equiparable al de una novilla de levante, por lo tanto muy pocas personas podían acceder a dicha tecnología (si bien hay particularidades, hoy un rollo de manguera puede valer \$120.000 y una novilla de levante unos \$600.000). Luego, a partir de los años 60, empezaron a instalarse unas nuevas mangueras más económicas que las anteriores. Si bien el número de usuarios fue aumentando, fue recién en los años 80 que empezó a masificarse el uso de mangueras y aspersores gracias al aumento del poder adquisitivo y a la disminución de los precios. (información obtenida en entrevistas realizadas en 2011 a los señores José Díaz, agricultor retirado de 90 años y Arcángel Romero, de 89 años, propietario desde hacía 68 años de un almacén de insumos agropecuarios).

Tabla 1. Principales características de los sistemas de producción familiares de Fómeque, de 1940 a 2012

Década	Antes de 1940	1940-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2012
Principales cultivos dirigidos al mercado	Caña de azúcar para la producción de mieles y aguardiente.	Tomate a campo abierto (incipiente).	Tomate a campo abierto y habichuela.	Tomate a campo abierto y habichuela.	Tomate a campo abierto, habichuela, pepino de rellenar y pimentón.	Tomate de invernadero, habichuela, pepino de rellenar, pimentón.
Orientación de los sistemas de producción familiares	Autoconsumo y mano de obra para las haciendas.	Autoconsumo y venta de excedentes.	Equilibrio entre autoconsumo y orientación al mercado, privilegiando la minimización del riesgo.	Autoconsumo y fortalecimiento del componente orientado al mercado.	Aparición de amplios sectores de productores orientados al mercado que privilegiaban la ganancia.	Dirigido al mercado con menor componente de autoconsumo, privilegiando la ganancia.

Tabla 2. Principales características de los sistemas de riego en Fómeque, de 1940 a 2012

Década	Antes de 1940	1940-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2012
Acceso al agua	Captación directa en las fuentes.	Captación directa en las fuentes. Caños o cañitos.	Captación directa en las fuentes. Caños o cañitos. Aparición de mangueras pero muy costosas.	Captación directa en las fuentes. Caños o cañitos. Aparición de mangueras a menor costo.	Captación directa en las fuentes. Caños o cañitos. Masificación de mangueras.	Captación directa en las fuentes. Caños o cañitos. Masificación de mangueras, sistemas colectivos de riego.
Sistema de riego	Prácticamente inexistentes	Individuales con presencia de acuerdos. Acequias, manual con recipientes. (Por ejemplo ollas)	Individuales con presencia de acuerdos. Acequias y mangueras	Sistemas individuales y colectivos utilizando mangueras.	Sistemas colectivos por mangueras. Inicio construcción de distritos de riego. Sistemas de riego individuales por mangueras.	Construcción de sistemas de irrigación colectivos. Sistemas de riego individuales por mangueras. Transferencias de los distritos de riego a los usuarios.
Presencia de los sistemas de riego	Prácticamente inexistentes	Muy limitada	Limitada	Comienzan a generalizarse	Generalizados para hortalizas	Generalizados para hortalizas

Tabla 2. Principales características de los sistemas de riego en Fómeque, de 1940 a 2012

Década	Antes de 1940	1940-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990	1990-2012
Tomador de decisiones	Hacendados	Hacendados	Familias	Comunidad. Acuerdos entre familiares o entre vecinos.	Agencias estatales. Comunidad. Acuerdo entre familiares o entre vecinos.	Agencias estatales. Asociaciones de usuarios. Comunidad. Acuerdos entre familiares o entre vecino
Conflictos	-	-	-	Entre familias	Entre familias Entre comunidad y agencias estatales.	Entre familias Entre comunidad y agencias estatales. Entre comunidades de regantes
Clasificación general de los sistemas de riego, según Trawick (2001)	-	-	Unificado y jerarquizado	Unificado e igualitario	Centralizado y jerarquizado (para los Distritos de riego) Unificado e igualitario (para los sistemas colectivos)	Unificado e igualitario

En la actualidad se observan múltiples estrategias de acceso al agua. Existen sistemas de riego individuales y sistemas de riego colectivos de tipo asociativo, que abastecen desde dos usuarios a cientos de agricultores. Generalmente, los sistemas individuales se encuentran en zonas con disponibilidad local de agua y sin excepción son informales; por su parte los sistemas colectivos suelen localizarse en zonas donde la oferta local de agua no sule las demandas y se hace necesario construir sistemas de transporte de varios kilómetros, estos sistemas pueden ser informales, semi-formales, o formales gracias a los distritos de riego construidos por el estado entre los años 80 y 90 del siglo XX. En general todos los sistemas de riego observados apuntan al cumplimiento de los 5 objetivos planteados por Chambers (1980) en el aparte de institucionalidad.



Foto 15. Tomas de agua para riego desde un reservorio.

Si bien muchos agricultores acceden al agua gracias a una sola fuente, los sistemas mencionados no son excluyentes, es decir que un mismo sistema de producción puede abastecerse de varias fuentes: de uno o varios sistemas colectivos, de un caño y de un manantial ubicado en su propio terreno o en el de un vecino, para esta zona Drouilleau (2010) reportó que el acceso al agua se soporta en intrincados y variables acuerdos locales entre familias, vecinos y asociados.

Como se mostró en el breve recorrido histórico de la zona, desde hace mucho tiempo el acceso al trabajo, a la tierra, al capital y más recientemente al agua, se pueden lograr gracias a arreglos entre distintos actores. Es de especial interés el arreglo denominado localmente como sociedades o copatronaje por Bayona R & Muñoz P (2009). Las sociedades que han evolucionado de las aparcerías, están compuestas por un socio agricultor encargado principalmente de suministrar la mano de obra y algunos pocos recursos monetarios (como alambres en el caso de tomate bajo

invernadero) y por un “patrón” que es un socio financista que se encarga de adquirir y entregar al agricultor los agroquímicos y las semillas o plántulas, según el tipo de cultivo. El patrón se encarga de la venta y comercialización de la producción y al final del ejercicio los ingresos brutos obtenidos por las ventas se dividen por partes iguales entre patrón y agricultor.



Foto 16. Masificación de invernaderos para cultivos de tomate. Fómeque, Colombia.

A medida que se intensifica y complejiza el sistema agrícola y que el trabajo y el capital cobran mayor importancia, la tierra lo pierde, razón por la que en estos sistemas (en especial los que se hacen para tomate bajo invernadero) el arreglo no es definido en función de quién tiene la propiedad de la tierra; pues tanto el agricultor o el patrón pueden ser los propietarios de la tierra, y en general, aunque hay particularidades, este aspecto no cambia el acuerdo. Aun si el valor de la tierra entrara en la lógica de los aportes y utilidades esta perdería importancia relativa, porque ya no hay una situación en la que quien aporta la tierra tiene una posición dominante que le permita apropiarse de los excedentes por encima de sus aportes.

Las dos partes involucradas consideran este tipo de acuerdos como convenientes en el sentido en que les permiten potencializar las ventajas de cada uno de los involucrados; el capital del socio inversionista permite que el agricultor pueda acceder a cultivos de altas rentabilidades, soportados en nuevas y mejores tecnologías de riego y en algunos casos al agua gracias a que con el aporte del socio inversionista esta se puede traer, con inversiones importantes, desde lugares lejanos o de

difícil acceso. Por su parte, el socio inversionista se beneficia del conocimiento experto y del compromiso del agricultor al recibir parte de los rendimientos que ofrecerá un cultivo bien trabajado. Con algunas variaciones estos acuerdos fueron reportados, entre otros, como aparcerías por Forero Álvarez & Rudas (1983); como compañías o aparcerías por Forero Álvarez et al. (2002a) y como arreglos entre aldeanos y campesinos por Haney (1970).

Las estrategias agrícolas se comparten dentro de la comunidad y se enriquecen con las ideas traídas por agentes con acceso a nuevos conocimientos (empresarios, políticos, agencias estatales, almacenes de insumos agropecuarios, o extensionistas). A medida que los cultivos y conocimientos del uso de los recursos se enriquecen, también se complejizan y requieren de mayor capital para adecuar los sistemas de riego a las cambiantes tecnologías.

Las tecnologías de riego son muy variadas destacándose tres de ellas: el riego por goteo que se utiliza exclusivamente para algunos cultivos de tomate bajo invernadero; el de aspersores que se usa para la gran mayoría de los cultivos a campo abierto; y el de mateo, que consiste en movilizar la manguera para regar planta por planta, sistema que es utilizado durante los periodos de mayor insolación para evitar el efecto de lupa que las gotas de agua pueden generar sobre la planta, o permanentemente para el caso de los agricultores de menores recursos.

Con el fin de estudiar la diversidad de los sistemas de producción se escogieron tres zonas de estudio articuladas por sistemas de riego característicos que obedecen a distintas estrategias de acceso y distribución del agua:

1. Asociación de usuarios del Distrito de Riego de las veredas Coacha y Ucuatoque, Asoucoacha. Abastece a usuarios asociados de estas veredas, existen familias que a pesar de vivir en estas veredas, al no estar afiliadas no reciben el servicio. Este es un Distrito de riego formalmente constituido, es decir que cumple con toda la normatividad oficial, pues fue construido con apoyo estatal y diseñado por ingenieros especializados. El sistema está concebido para que todos los usuarios reciban el mismo caudal de forma ininterrumpida y si bien el sistema fue diseñado para las necesidades agrícolas, en la práctica los afiliados también se benefician de él para suplir las necesidades pecuarias y domésticas. El distrito se abastece de la quebrada Caquinal. Debe mencionarse que algunos usuarios complementan el suministro, de forma individual e informal, con agua procedente de un caño (toma de Ucuatoque) o de la quebrada Coacha.

El Distrito es administrado por una junta directiva conformada por usuarios del distrito, electa anualmente por todos los usuarios en ejercicio de sus derechos. Los usuarios pagan una mensualidad de veintiseismil pesos (\$26000)¹⁶ destinada a los gastos de funcionamiento, entre los cuales el de mayor peso es el salario de un fontanero, quien se encarga del mantenimiento de la infraestructura, cuyos principales elementos son bocatoma, desarenador, tuberías, válvulas, quiebres de presión y cámaras de distribución.

El sistema fue construido y operado en su comienzo por el estado y luego, a raíz de la introducción de las medidas neoliberales de los años 90, fue transferido a los usuarios. El proceso de transferencia ha sido exitoso, tanto que los usuarios se presentaron a una convocatoria estatal (AIS) gracias a la cual pudieron modernizar y hacer mantenimiento a la

¹⁶ De acuerdo a la Superintendencia financiera de Colombia el valor promedio del Dólar en 2011 fue de \$1848.

infraestructura, además de instalar micromedidores en todos los sistemas de producción con el fin de incentivar un uso eficiente del agua.



Fotos 17 y 18. Bocatoma (izquierda) y paso a nivel tubería Distrito de riego Asoucoacha (derecha). (Fotos Jerson González Umaña).



Foto 19. En primer y segundo planos cultivos de habichuela en vereda Ucuatoque.

2. Rionegro y Rioblanco son dos sistemas comunitarios independientes que abastecen a usuarios de las veredas Rionegro, Rioblanco y Salitre. Un sistema tiene la mayor parte de usuarios en la vereda Rionegro y el otro en la vereda Rioblanco, razón por la que se les llama distritos de riego de Rionegro, o de Rioblanco, de acuerdo a dónde se ubique la mayor parte de sus usuarios. Pueden encontrarse fincas que aún siendo colindantes pertenecen a distintos sistemas; algunos sistemas de producción se abastecen simultáneamente de ambos distritos; además existe un proyecto formal para unir los dos sistemas.

Ambos sistemas se abastecen de la Quebrada Caquinal. Su infraestructura está compuesta por una bocatoma rudimentaria, tuberías plásticas y cámaras de distribución que deben garantizar que todos los usuarios reciban la misma cantidad de agua de forma continua. La red muestra numerosos puntos de pérdidas de agua. Adicionalmente, algunos usuarios que requieren más agua de la recibida utilizan abastecimientos adicionales que pueden ser caños o quebradas cercanas, aljibes en terrenos propios o de vecinos; además es común observar acuerdos temporales en que un usuario toma agua destinada a un vecino (“prestarse el agua”), arreglo que está prohibido por los estatutos del sistema.

Si bien los sistemas Rionegro, y Rioblanco tienen particularidades, operan de forma semejante; los dos sistemas fueron concebidos y construidos por la comunidad sin ayuda ni reconocimiento legal. Recién en el año 2010 los dos sistemas legalizaron la captación de agua mediante una concesión de agua. Sin embargo, la concesión de agua solo implica que tienen permiso legal para captar un caudal definido por la autoridad ambiental, pero esto no ha generado cambios en la infraestructura o en la operación. Al igual que en el caso de Asoucoacha, el sistema es administrado por una junta directiva elegida por la asamblea de todos los usuarios con derechos, quienes deben pagar una cuota muy baja de sostenimiento (veintiumil pesos cada tres meses en el caso de Rioblanco y treintamil pesos cada seis meses en Rionegro) dirigida al pago de las obligaciones legales y de una representante legal y asesora. En estos dos sistemas no existe la figura de fontanero, pues son los mismos usuarios quienes tienen la obligación de velar por el adecuado funcionamiento de la infraestructura y de realizar el mantenimiento rutinario, para esto se definen turnos que deben cumplirse en grupos. Cada usuario es responsable de revisar la red durante el turno que le fue asignado, si bien la responsabilidad de que se realice el mantenimiento en las fechas programadas recae sobre los usuarios que tienen el turno, el trabajo lo puede hacer algún miembro de la familia o alguna persona externa a quien se le paga el día de trabajo.

Por sus grandes semejanzas y por compartir un mismo territorio hemos decidido considerarlos como un mismo sistema, clasificado como semi-formal, pues si bien su origen es informal y su infraestructura es rudimentaria, tienen una estructura funcional bien definida con normas y sanciones establecidas y han legalizado su captación de agua; lo que hace que tengan elementos formales.



Fotos 20 y 21. Pasos elevados de multiplicidad de redes de sistemas de riego Rionegro y Rioblanco. (Fotografía de la izquierda Jerson González Umaña).



Fotos 22 y 23. Riego manual de habichuela en la vereda Rionegro (izquierda) y aspecto de las bocatomas de los sistemas Rionegro y Rioblanco (derecha).

3. Susa.

Si bien en la vereda Susa existe una tubería del distrito de riego Asosusagramal, éste nunca ha llegado a operar de forma continua; razón por la que los productores deben abastecerse de sistemas de irrigación informales que se alimentan de una gran diversidad de fuentes de agua, entre las que se incluyen manantiales en explotaciones propias o de vecinos, pequeños cursos de agua cercanos, o quebradas con caudales importantes y permanentes ubicados a varios kilómetros de las explotaciones. El transporte del agua se hace por medio de mangueras.

En algunos casos entre la fuente y la parcela a irrigar existe una propiedad u otras propiedades que se abastecen de fuentes distintas, es decir que el abastecimiento no siempre se hace de la fuente más cercana; el agua se capta en donde los acuerdos para su acceso son los más fáciles de obtener o cuando la fuente es la más segura en términos de regularidad de aprovisionamiento. Los accesos al agua y permisos para que las redes atraviesen predios ajenos pueden variar con el tiempo y se logran a través de intrincados y diversos acuerdos que involucran a la familia extendida o a vecinos (Drouilleau, 2010); en algunas ocasiones se observan acuerdos de tipo comercial, en los cuales los usuarios pagan en dinero o especie a los propietarios del terreno en el cual se encuentra el agua; y solo en algunos casos estos accesos son legalizados ante la autoridad ambiental, que en la zona es Corpoguavio.

Estos acuerdos no están exentos de conflictos, pues es común que los usuarios de las zonas bajas no reciban el agua en periodos secos a causa de las captaciones de los vecinos de las zonas altas, dificultad que se ha solucionado parcialmente con la construcción de reservorios que se llenan durante las horas de bajo consumo.

A diferencias de los otros dos casos, en esta vereda se cuenta con un acueducto comunitario para uso exclusivamente doméstico. Sin embargo, como ya se dijo, la mayor parte del abastecimiento del agua para riego se hace de forma individual. Las redes de tuberías se intersectan en varios puntos y pueden modificar su trazado de acuerdo a las necesidades temporales. Se observan pocos casos de asociatividad para acceder al agua de riego: el caso más visible lo implementaron 6 vecinos que a raíz de la sequía de 2009-2010 decidieron unir esfuerzos para construir un sistema asociativo de riego gracias al cual abastecen sus propiedades con una fuente confiable localizada en otra microcuenca a 9 kilómetros (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2011b), ellos, como excepción, tramitaron un permiso de captación ante la autoridad ambiental con el fin de proteger sus derechos y así garantizar el acceso permanente al agua. Existen otras dos experiencias de riego asociativo de 2 y 3 productores, quienes se abastecen de quebradas cercanas y no han tramitado permisos oficiales de captación. En general, el abastecimiento de agua obedece al tipo y tamaño de los cultivos, los agricultores con mayores áreas de cultivos acceden, por sus propios medios, a mayores cantidades de agua.

El agua se transporta y distribuye, principalmente, con mangueras plásticas y en segundo lugar, pero más antiguo, utilizando un “cañito” que hace derivaciones de cuerpos de mayor tamaño o de sistemas de recolección de excedentes de manantiales o de humedades localizadas.



Fotos 24 y 25. Izquierda, instalación de sistema asociativo de riego en la Vereda Susa (fotografía Simon Prime) y familia de Susa haciendo mezcla manual de fertilizantes para aplicarlo a cultivos de tomate bajo invernadero utilizando un sistema de riego por goteo (derecha).



Fotos 26 y 27. Cruces de redes de tuberías para sistemas de riego informal.

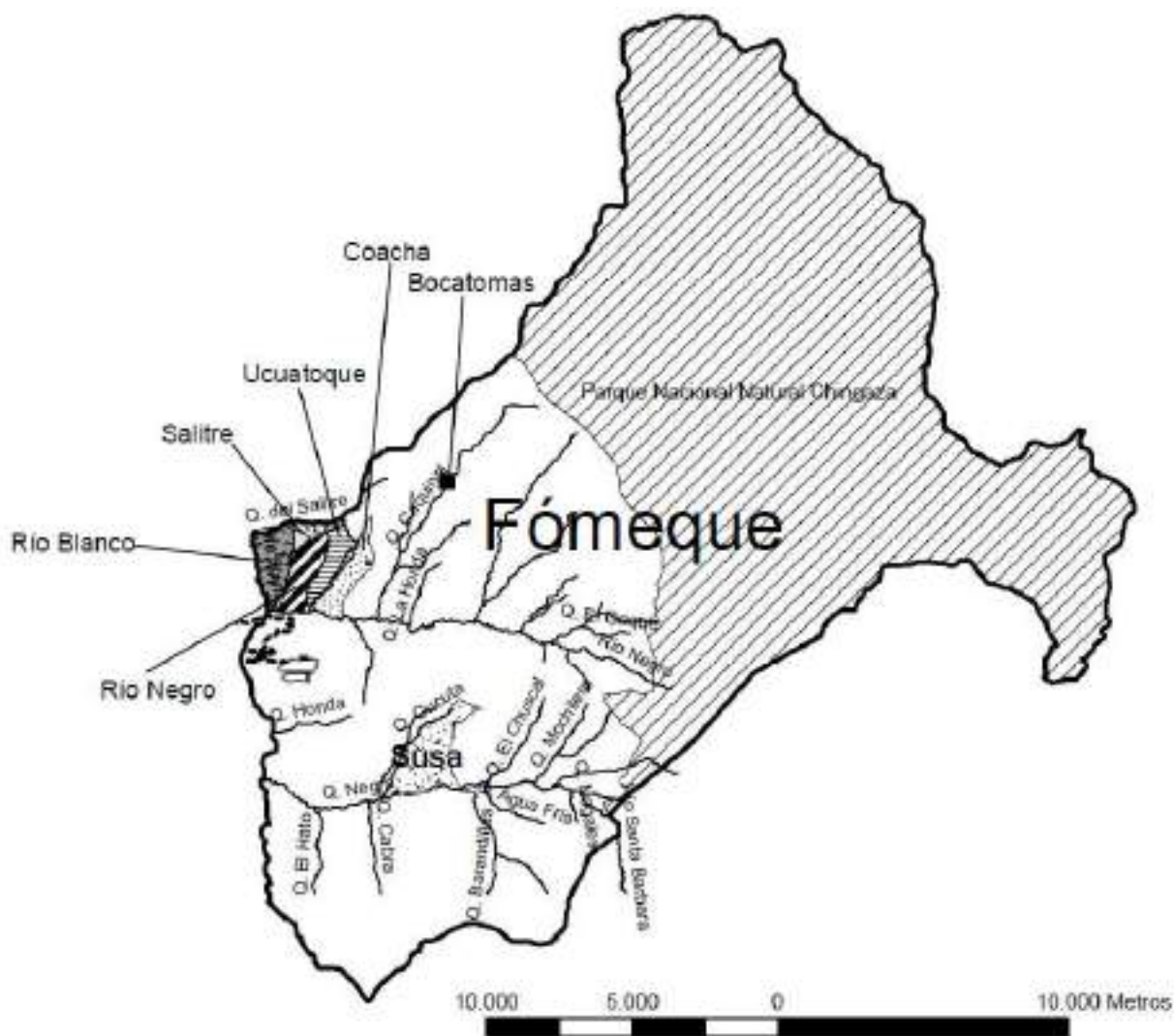


Figura 2-4. Localización de zonas de estudio. (Elaboración Jerson González Umaña)

A continuación y siguiendo lo anterior, se clasifican los sistemas de riego estudiados, según varios autores discutidos en la sección de institucionalidad.

Tabla 3. Caracterización de los sistemas de riego estudiados.

Sistema de riego	Fuente de acceso	Proceso de asignación y adquisición	Regla de asignación y distribución (Yoder, 1994 y Dayton-Johnson, 2003)	Jerarquización de los derechos (Trawick, 2001)	Tipología (Palerm-Viqueira, 2006)	Tipología (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2013)
Asoucoacha	Única (Quebrada Caquinal)	Burocrático-comunitario.	División equitativa. Flujo continuo.	Unificado e igualitario.	Burocrático y No-burocrático.	Formal.
Rionegro-Rioblanco	Única (Quebrada Caquinal)	Burocrático-comunitario.	División equitativa. Flujo continuo.	Unificado e igualitario.	No-burocrático.	Semi-formal.
Susa	Múltiples	Apropiación directa, adquisición por contrato y Colocación comunitaria.	De acuerdo a los requerimientos de los cultivos. Flujo continuo y reglas rotacionales.	Unificado y jerárquico. ¹⁷	No-burocrático.	Informal.

¹⁷ El acceso al agua no está jerarquizado por el estatus relativo de los usuarios, sino por sus posibilidades de acceder a ella.

4. METODOLOGÍA

Para cumplir los objetivos de esta investigación se buscó utilizar metodologías que permitieran comprender los sistemas de producción y la forma en que se organizan alrededor del manejo del agua, sus lógicas y el funcionamiento interno, además de obtener datos económicos que pudieran ser manejados con herramientas estadísticas, de tal forma que se complementara la información cualitativa con la cuantitativa.

4.1 Acercamiento

Se hizo una primera aproximación a la zona haciendo varias visitas a terreno, realizando charlas espontáneas y semi-estructuradas con los productores, además se buscó el acercamiento con líderes locales reconocidos; con estas estrategias se buscaba construir confianza para obtener información real y precisa que permitiera comprender las lógicas, dinámicas y particularidades de la zona. Esta confianza, permitió que posteriormente los habitantes suministraran información real fácilmente.

Adicionalmente, se realizó una reunión formal en la que se explicaron los avances y alcances del trabajo que se realizaría. A dicha reunión asistieron los presidentes de los de los sistemas de riego y otros líderes comunitarios.

Esta etapa inició en 2009 y continuó hasta después de realizada la toma de datos que permitió hacer el levantamiento de los sistemas de producción.

4.2 Empadronamiento

Durante el año 2011 se realizó un empadronamiento al total de productores de las zonas seleccionadas (en febrero para Susa, en mayo para Asoucoacha y en junio para Rionegro y Rioblanco). Se contó con el apoyo logístico de guías miembros de la comunidad, personas reconocidas y respetadas en la zona, que acompañaron y guiaron al investigador. Su acompañamiento generaba confianza y permitía explicar con mayor claridad y sin tecnicismos el objeto del estudio. Además, durante el proceso, los guías, ayudaban a resolver dudas y a mejorar la exactitud de los datos suministrados.

Con el formato de empadronamiento se indagaba por: datos de identificación del sistema de producción; área total del sistema; porcentaje que representaba la mano de obra familiar con respecto a la mano de obra total; número y áreas de los lotes que conforman el sistema de producción; cultivos, tecnologías de riego y acuerdos de tenencia de la tierra presentes en cada lote durante cada mes del último año. El formato se presenta en el anexo 2.

4.3 Muestreo

Siendo el objeto de investigación los sistemas agrícolas irrigados, fue necesario depurar el muestreo y considerar para análisis solamente aquellos sistemas de producción que tienen cultivos irrigados (independientemente de la importancia de los cultivos irrigados dentro del total del sistema). Por tal

razón, de los 200 sistemas que componen las comunidades estudiadas, solo fueron considerados en el diseño del muestreo los 149 sistemas de producción que utilizan riego.¹⁸

La etapa preliminar de acercamiento y las observaciones hechas durante el empadronamiento indicaron que la estrategia más adecuada era un muestreo probabilístico estratificado. La estratificación se hizo utilizando un análisis de correspondencias múltiples seguido de un análisis de clasificación por el método de Ward, combinado con criterio de experto.

Para el análisis de correspondencias múltiples y la clasificación se utilizaron cuatro variables: dos de descripción del sistema de producción agrícola recogidas en campo: participación de la mano de obra familiar (con seis frecuencias) y sistema de riego del que se abastece la finca (Asoucoacha, Susa, Rionegro y Rioblanco); y dos variables estimadas a partir de la información procesada, ambas clasificadas en 4 frecuencias: la primera variable productividad (medida como ingresos netos por área), la que se estimó dividiendo los ingresos netos agrícolas, utilizando los datos de las estadísticas de la Secretaría de Desarrollo Económico del Municipio de Fómeque, por el área agrícola del sistema de producción; y la segunda variable, requerimientos hídricos (medidos como requerimientos hídricos por área y afectados por la eficiencia de la tecnología de riego utilizada).

A continuación se muestra el plano factorial en una de sus 71 dimensiones

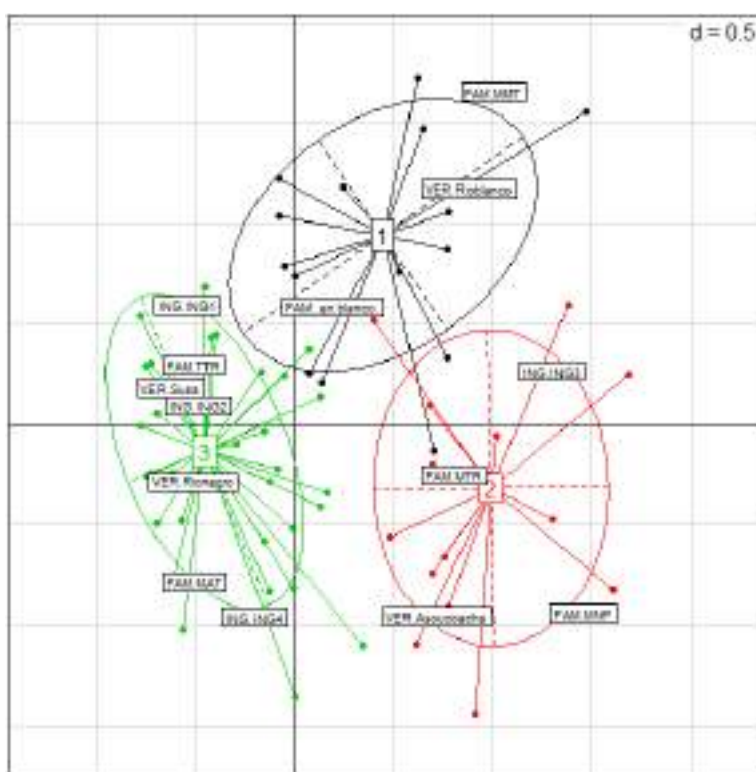


Figura 2-5. Primer plano factorial después de la clasificación por el método de Ward.

¹⁸ Los sistemas que no tienen agricultura irrigada pueden ser terrenos donde viven ancianos u obreros y cuya área es muy pequeña o sistemas dedicados principalmente a la cría de ganado.

La combinación de criterios arrojó que la estratificación más conveniente sería aquella que se hiciera a partir del sistema de irrigación utilizado por cada comunidad: formal, semi-formal e informal. El tamaño muestral fue diseñado de tal manera que fuera posible obtener un error de muestreo menor o igual al 6%, con un nivel de confiabilidad del 94%, para el estimador de la productividad (ingresos netos/área agrícola). Teniendo en cuenta la influencia que puede tener la pérdida de muestra en el proceso de estimación se consideró un ajuste del 10% debido a no respuesta. Adicionalmente, se estableció que en caso de que se presentaran problemas durante el levantamiento de los sistemas de producción se permitiría un número máximo de tres remplazos por cada estrato, los cuales también serían seleccionados aleatoriamente.

4.4 Levantamiento de los sistemas de producción

Con el fin de obtener de forma completa información relacionada con la organización de los sistemas de producción, con los costos e ingresos y sobre cómo estos se explican por la utilización de riego, se utilizó un formulario de encuesta adaptado de Forero Álvarez & Espeleta (2010) al que se le incluyeron preguntas relacionadas con la gestión del agua. Este formato se incluye en el anexo 3.

El diligenciamiento de los formularios se realizó entre septiembre y octubre de 2011, con el acompañamiento de personas de las mismas comunidades, previamente entrenados. Una vez concretadas citas con los jefes de hogar se diligenciaron los formatos de encuesta. Cada uno de ellos requirió en promedio unas 2 horas.

Con el fin de conocer la oferta de agua y estimar los consumos se hicieron varios aforos volumétricos del agua disponible. Por tratarse de sistemas con uso múltiple del agua, como demanda se debió considerar además de los consumos agrícolas los consumos humanos y pecuarios. Los requerimientos hídricos de los cultivos se calcularon según recomendaciones de Granados (2000); ICA, (1986) y del Servicio integral de asesoramiento al regante Castilla La Mancha (n.d.) y los consumos domésticos según Ministerio de desarrollo económico (2000).

El número de sistemas de producción muestreados fue inferior al previsto debido a que algunos propietarios no querían ser incluidos en la investigación, así como a los cambios en las dinámicas de los sistemas de producción y a que durante el levantamiento, cuando se indagaba con mayor profundidad por las dinámicas particulares, se detectaron algunas explotaciones que, aunque tenían cultivos irrigados, respondían más a lógicas de fincas de descanso que a fincas productivas, por lo que no fueron consideradas.

El número de fincas que no pudieron ser muestreadas fue superior al máximo de tres reemplazos previstos, es decir, que se muestrearon menos fincas de las que exigía el diseño, por esta razón fue necesario recalcular el error muestral y verificar la representatividad de los datos obtenidos. Como se verá más adelante, en la tabla 5, el error fue aceptable.

4.5 Procesamiento de los datos

Validación y consistencia de la base de datos

En los casos en que la información de un sistema de producción no era confiable o se obtuvo de forma incompleta, se decidió eliminar dicha unidad del análisis. Adicionalmente, con el fin de eliminar la variabilidad temporal de las fechas de venta de cada productor y teniendo en cuenta que durante todo el año se venden los principales productos agrícolas de la zona, se decidió trabajar con el promedio anual de precios del año 2011.

Debido a que no existen registros de precios de venta en Fómeque, los precios promedio fueron estimados utilizando un factor de ajuste entre los precios reportados por la Corporación Colombia Internacional para Corabastos (Central mayorista de alimentos de Bogotá) y los reportados por productores de absoluta confianza y con registros para fechas específicas. Para obtener el valor de los productos autoconsumidos, se preguntó directamente en los almacenes del casco urbano por los precios de venta.

Con la información depurada se alimentó una base de datos que permitiera el posterior tratamiento de los datos.

Programa computacional

Las variables de interés fueron calculadas¹⁹ para cada uno de los estratos. Adicionalmente, se contemplaron distintas categorías: productores con o sin cultivos de tomate bajo invernadero; sistemas de producción con conflicto extremo en el acceso al agua para riego (cuando al menos en uno de los lotes del sistema de producción no es posible desarrollar la actividad agrícola durante algún periodo del año debido a los conflictos en acceso al agua), conflicto intermedio (existen conflictos que dificultan, pero no impiden la actividad agrícola) y sin conflicto en el acceso al agua; por tenencia de la tierra, que se dividió en antes y después de la mediana; y por tamaño del sistema de producción, que se dividieron en pequeños y medianos. A continuación se explican los criterios para definir las dos últimas categorías.

Por tenencia de la tierra los sistemas de producción se discriminaron en 2 grupos, de acuerdo al porcentaje del área agrícola cultivada en tenencia propia (el agricultor además de ser dueño de la tierra asume todos los costos y beneficios del cultivo) y en medianerías. Así, si un agricultor tiene todos los cultivos en tenencia propia su indicador es de 1, por el contrario si todos los cultivos los realiza en asocio con otro agente la tenencia es 0. Se definieron dos grupos; aquellos cuya tenencia de la tierra era igual o inferior a la mediana, a los que denominamos “predominantemente medianeros) y aquellos con valores superiores, a los que llamamos “predominantemente propietarios”. El valor de la mediana fue de 0,56.

La división por tamaño se refiere al tipo de cultivos y a su potencial para generar ingresos, no al área del predio. Se definieron unos criterios a partir de los cuales se consideró a un productor como mediano; por debajo de dicho rango eran pequeños. Para ello se combinaron criterios expertos (habitantes de la zona)²⁰ y rangos de áreas cultivadas establecidos por el Sistema de Información de Precios del Sector Agropecuario, para tomate.

¹⁹ Se utilizó el programa SPSS.

²⁰ A los habitantes de la zona se les preguntó ¿usted se considera un agricultor pequeño o mediano?, y, ¿el señor x es un productor mediano o pequeño?, en general hubo consenso. Metodologías semejantes, en el

Los criterios para clasificar a un productor como mediano se muestran en la tabla 4 que se presenta a continuación.

Tabla 4. Criterios tenidos en cuenta para clasificar a un productor como mediano de acuerdo al área cultivada en el año.

Cultivo	Área mínima para considerarlo mediano
Tomate invernadero	>0,3 Ha
Tomate a campo abierto	>0,6 Ha
Habichuela	> 1cultivode 1 Ha; 2 cultivos de 0,6 Ha; 3 cultivos de 0,5 Ha; 4 cultivos de 0,3Ha
Pimentón	1 Ha durante 6 meses; 0,6 Ha durante 12 meses.
Pepino de rellenar	1 Ha

Cuando se presentaron productores con menores áreas de cada cultivo, pero con varios tipos de cultivo (por ejemplo un sistema de producción con un invernadero de 0,1 Ha, 2 cultivos de habichuela de 0,3 Ha y cultivo de Pepino de rellenar de 0,3 Ha), se definió su tamaño de acuerdo a criterios de experto.

La información del componente pecuario arrojó permanentemente resultados incoherentes y añadía ruido a la investigación, por esta razón y debido a que la investigación se centró en actividades agrícolas se decidió eliminar dicho componente.

Como resultado de la sistematización de los resultados obtenidos mediante las encuestas, de la revisión de la información base y del procesamiento, se construyó una base de datos con 131 variables.

Diferencias

Posterior al tratamiento de los datos se decidió revisar si los resultados arrojados por estrato, por las categorías anteriormente definidas, o por sus combinaciones, son estadísticamente diferentes, para ello se utilizó el programa PAST (Ø. Hammer, Harper, & Ryan, 2001). A los grupos de datos se les realizó la prueba de normalidad con la prueba Shappiro-Wilk, pues según Øyvind Hammer (2012) es la más robusta, posteriormente se les realizó la prueba de homocedasticidad; en el caso en que los datos no fueran normales se hizo la prueba con el logaritmo de los datos. Aun así, si los datos no eran normales pero si cumplían con el criterio de homocedasticidad, se utilizó la prueba ANOVA para nivel de probabilidad de 0,05; si bien esto no es lo acostumbrado, la decisión se sustentó en Sheskin (2003) que en su aparte sobre normalidad vs no normalidad dice que por lo general, las pruebas de medianas suelen ser similares en sus resultados a las de ANOVA. En los casos en que los datos eran heterosedásticos se usó la prueba de Kruskal-Wallis que es para medianas, esta prueba por ser no paramétrica no tiene ningún tipo de restricción.

sentido de definir el tamaño del sistema de acuerdo a los criterios locales han sido utilizadas por Nabahungu & Visser (2011) quienes la denominan metodología participativa de ranking de bienestar. Sin embargo, este trabajo difiere en que acá no se realizaron talleres estructurados sino por entrevistas a algunos productores.

4.6 Ampliación de la explicación y predicción del comportamiento de sistemas agrícolas irrigados en ladera

Con el fin de mejorar la comprensión, ya lograda, de la realidad estudiada e ir más allá de los datos arrojados en los procesos anteriores, nos servimos de dos instrumentos estadísticos complementarios: caracterización de los sistemas de producción, utilizando análisis de correspondencias múltiples, y modelo de regresión lineal múltiple. Estas herramientas se utilizarán para explicar, comprender y predecir el comportamiento de los sistemas de producción agrícolas irrigados en la zona de estudio

Depuración de la base de datos

Si bien, como ya se explicó, se había hecho una revisión preliminar de la información base y estimada, proceso que llevó a la construcción de una base de datos con 131 variables, fue necesario hacer una nueva depuración obteniendo una base de 46 variables. Los procesos realizados fueron los siguientes:

1. Análisis univariado, analizando la distribución y los datos atípicos de todas las variables. Este análisis incluyó obtención de máximos, mínimos, promedios, medias, varianza y cuartiles.
2. Matriz de correlaciones mediante la cual se pudo encontrar entre cuáles variables existían correlaciones significativas, positivas y negativas, al 0.05 y al 0.01. De esta forma se encontraron las variables significativas y aquellas que estaban sobre determinadas.
3. Finalmente, fue necesario eliminar aquellas variables que a criterio del investigador no impactarían el modelo.

4.6.1 Caracterización de los sistemas de producción

La caracterización de los sistemas de producción permite acercarse a la diversidad de los mismos, hace posible estudiar cómo se comporta la población, agrupar sistemas de producción con características internas homogéneas, juzgar su desempeño y eventualmente, encontrar soluciones a sus problemas y hacer recomendaciones (Perrot & Landais, 1994). Este enfoque permite una mejor comprensión de la diversidad de los sistemas de producción más allá de la estratificación hecha a-priori, basada únicamente en el tipo de sistema de riego del que se abastecen, o en las otras clasificaciones (tamaño, tenencia de la tierra, presencia de tomate bajo invernadero o conflicto por el agua).

Se decidió caracterizar los grupos de los sistemas de producción utilizando un análisis de correspondencias múltiples (ACM)²¹. Para facilitar el análisis se hizo necesario clasificar las variables, para lo cual se decidió seguir el criterio utilizado por Laoubi & Yamao (2009) quienes

²¹ Los ACM son métodos geométricos de análisis de datos. Como tal, se construye una nube euclidiana de puntos que representan a los individuos y se determinan los principales ejes y variables. Un número restringido de ejes es interpretado, proveyendo un resumen de los datos (Le Roux & Rouanet, 2004).

aplicaron este método para definir tipologías de sistemas de producción irrigados en una zona rural de Argelia (África), clasificando las variables en estructurales, funcionales y suplementarias²².

Las variables estructurales son aquellas que explican la forma en que los recursos se han organizado para la producción y sobre las cuales el agricultor tiene poca o ninguna posibilidad de influir; entre otras, hemos incluido el tipo de sistema de riego del que se abastecen (estrato en este caso), la tenencia de la tierra, el grado de conflicto en el acceso al agua, y el déficit o excedente de agua. Las variables funcionales se relacionan con las decisiones que el productor asume, entre ellas se incluyeron las áreas irrigadas, áreas de secano, gastos en insumos de fertilización y la clasificación de los sistemas de producción por su intensificación (medianos o pequeños). Variables como edad del jefe de hogar, años de educación del jefe de hogar y número de miembros en el hogar fueron clasificadas como suplementarias.

Todas las variables consideradas en esta investigación fueron categorizadas; la gran mayoría en 4 grupos, cada uno de ellos correspondiente a uno de sus cuartiles; en el caso de las variables cuyos valores eran muy homogéneos (razón por la que dos cuartiles tomaban el mismo valor) fue necesario categorizar en dos grupos, de acuerdo a sus valores, antes y después de la mediana.

Una vez realizado el análisis de correspondencias múltiples y utilizando el método de Ward (Ward, J. H., 1963) se hizo una selección a partir de la matriz de distancias euclidianas entre los individuos. A partir del histograma de índices de nivel y del dendrograma se hizo la partición del grupo en tres categorías²³. Los valores promedio de las variables que caracterizan a cada grupo se muestran en la tabla 9.

4.6.2 Modelo de regresión lineal múltiple

Los modelos de regresión lineal múltiple buscan resumir la información disponible de la forma más compacta e ilustrativa posible, modelando la relación entre una variable dependiente y varias independientes.

Se construyó un modelo de regresión lineal múltiple para predecir y explicar el excedente familiar agrícola del sistema. Se considera que esta variable es un excelente indicador, pues abstrae y resume en términos de resultados económicos la gran complejidad de los sistemas de producción familiares.

Se busca modelar el comportamiento de la variable de respuesta en términos de variables explicativas. El modelo busca resumir la información disponible de la forma más compacta e

²² Debe aclararse que la clasificación de las variables resultó una tarea compleja, toda vez que en un sistema de producción hay múltiples relaciones e interconexiones y las decisiones pueden basarse en parámetros sobre los que el tomador de decisiones no puede influir, e incluso algunos resultados del sistema pueden basarse en relaciones indirectas. Además, una variable que resulta estructural desde un punto de vista puede considerarse funcional bajo otros criterios.

²³ Con los centros de gravedad de los tres grupos generados se realizó la clasificación mediante un proceso de K-medias. Luego se obtuvo la caracterización de las clases en donde se tiene en cuenta los valores test, los cuales resultan de la comparación del promedio de la variable dentro de la clase con respecto al promedio global de esa misma variable

ilustrativa posible y debe satisfacer 5 supuestos generales, para los cuales se realizaron pruebas a un nivel de significancia del 5%. Estos supuestos son 1. Buena especificación del modelo, el cual se verificó con el test Reset de Ramsey; 2. Valor esperado de los errores igual a cero; 3. Homoscedasticidad, evaluado con el test de Koenker; 4. No multicolinealidad, verificado con dos consideraciones; que los valores de las correlaciones entre las variables independientes del modelo deben ser bajas y que el valor del coeficiente Kappa debe ser menor a 30; y 5. Normalidad de los errores, calculada con la prueba de Shapiro Wilk.

Construcción del modelo

Como se explicó anteriormente, para el análisis de correspondencias múltiples, se utilizaron las variables categorizadas. Inicialmente se pensó utilizar estas mismas variables para el modelo, pero los resultados no fueron satisfactorios, razón por la cual fue necesario utilizar las variables en su estado original, es decir continuas, y como variables categorizadas solo entraron aquellas que por su naturaleza son categóricas, estas fueron estrato, presencia o no de tomate bajo invernadero, conflicto por uso del agua, tamaño del sistema (según intensidad de la producción), y tenencia de la tierra (antes o después de la mediana).

Una vez más fue necesario revisar la base de datos y se eliminaron 6 observaciones a las que les faltaba una o varias de las 46 variables seleccionadas durante el proceso de depuración de la base de datos ya explicado. Se hizo la búsqueda de las variables más relevantes en base a los siguientes criterios: que tuviera una correlación (lineal, cuadrática o logarítmica) con el logaritmo o con la variable sin transformar del excedente agrícola familiar y que aportara un porcentaje de inercia superior al 16% a los dos primeros ejes factoriales del análisis de componentes principales normado. Se encontraron las siguientes 18 variables:

- a. "INS_FERT" Valor total por la compra de fertilizantes (\$/año).
- b. "VENTA_AGRI_RIEG_SI" Venta de productos de agricultura irrigada (\$/ha).
- c. "V_PAGO_JOR" Valor pagado por jornales contratados (\$/año).
- d. "JORNAL_CON" Jornales contratados en el año.
- e. "SEM_PLANT" Valor pagado por compra de semillas y plántulas (\$/año).
- f. "VALOR_ANU_GI" Valor de los gastos de inversión (\$/año).
- g. "AREA_AGRI_COM" Área agrícola del último año (ha).
- h. "AREA_AGRI_CULT" Área cultivada en el último año (ha).
- i. "EXC_FAM_AGRI" Excedente agrícola familiar del sistema (\$/año).
- j. "REM_NET_DIA_TTA" Remuneración neta día del trabajo agrícola total (\$/jornal)
- k. "ING_NETO_AGRI_HA" Ingresos netos agrícolas por área agrícola (\$/ha año)
- l. "AREA_CULT_IRRIG" Área cultivada irrigada (ha)
- m. "AREA_CULT_SEC" Área cultivada de secano (ha)
- n. "AREA_CULT_GOT" Área cultivada irrigada con sistema de goteo (ha)
- o. "EDU_JEFE_H" Años de educación formal del jefe de hogar.
- p. "CONS_AGUA_REAL" Consumo de agua real (m³/año).
- q. "COS_REL_AGUA" Costos relacionados con el agua (\$/año).
- r. "TOMATE" Presencia o ausencia de cultivos de tomate bajo invernadero.

5. RESULTADOS

En la tabla 5 se muestra el número total de sistemas de producción discriminados por estrato, cuantos utilizan riego, el tamaño de la muestra diseñada, el número de sistemas de producción efectivamente muestreados y, finalmente, el número de sistemas de producción cuya información fue considerada para esta investigación. Como se ve en la tabla, el coeficiente de variación estimado fue aceptable, del 6,68%.

Estadísticas descriptivas y eficiencias económicas

En la tabla 6, se muestra la distribución de casos entre estratos y categorías. Esta tabla debe leerse por filas; cada celda indica el porcentaje de sistemas de producción del estrato o categoría que cumplen con la condición indicada en la columna. Por ejemplo, la primera columna de la cuarta fila indica el porcentaje de sistemas de producción pequeños que se encuentran en el estrato informal.

En la tabla 7 presentamos los resultados de las estadísticas descriptivas, discriminadas por los estratos y por las categorías previamente definidas.

Los valores de los principales indicadores de eficiencia económica, mostrando si existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de 5%, se muestran en la tabla 8.1 para los resultados por estrato, tamaño y presencia de tomate bajo invernadero y en la tabla 8.2 se muestran según conflicto en acceso al agua y por tenencia de la tierra. En caso de que la casilla de diferencias observadas incluya un asterisco (*) debe entenderse que las pruebas se realizaron con el logaritmo de los datos.

Inmediatamente después de las tablas se presenta la discusión de los resultados.

Caracterización, explicación y predicción del comportamiento de sistemas agrícolas irrigados en ladera

En la tabla 9, se presentan los resultados de la caracterización de los sistemas de producción, seguidos por los modelos de regresión lineal múltiple y por la discusión de los hallazgos.

Tabla 5. Proceso de muestreo

Estrato	Comunidades de riego	Sistemas de producción totales	Sistemas de producción que utilizan riego, identificados preliminarmente	Tamaño de la muestra-	c.v.e (%) del diseño muestral	Fincas muestreadas	Levantamientos aprovechables	c.v.e (%) del muestreo	Sistemas de producción que utilizan riego, estimados
Riego informal	Susa	79	60	37	9,69	30	30	10,55	51
Riego formal	Asoucoacha	53	37	23	9,73	18	17	9,82	31
Riego semi-formal	Rionegro y Rioblanco	68	52	24	9,67	24	22	10,61	47
Total		200	149	84	5,75	72	69	6,68	129

5.1 Estadísticas descriptivas y eficiencias económicas

Tabla 6. Distribución de casos según las clasificaciones utilizadas

	Estrato			Tamaño sistema de producción		Presencia de tomate bajo invernadero		Conflicto por acceso al agua			Tenencia de la tierra en propiedad		TOTAL
	Sistema informal	Sistema formal	Sistema semi-formal	Pequeños	Medianos	Con tomate	Sin tomate	Sin conflicto	Conflicto intermedio	Conflicto extremo	Predominantemente medianero	Predominantemente propietario	
Total	40%	24%	36%	26%	74%	33%	67%	33%	18%	48%	50%	50%	129
Sistema informal				40%	60%	47%	53%	27%	30%	43%	61%	39%	51
Sistema formal				35%	65%	41%	59%	94%	0%	6%	58%	42%	31
Sistema semi-formal				4%	96%	14%	86%	0%	18%	82%	32%	68%	47
Pequeños	63%	32%	5%			26%	74%	54%	26%	22%	58%	42%	33
Medianos	36%	22%	42%			38%	62%	26%	16%	57%	48%	52%	96
Con tomate	58%	29%	13%	21%	79%			46%	17%	38%	50%	50%	43
Sin tomate	36%	22%	42%	31%	69%			27%	19%	54%	51%	49%	86
Sin conflicto por el agua	33%	67%	0%	42%	58%	46%	54%				51%	49%	43
Conflicto intermedio por el agua	69%	0%	31%	38%	62%	31%	69%				67%	33%	24
Conflicto extremo por el agua	41%	3%	56%	13%	88%	28%	72%				42%	58%	62
Predominantemente medianero	46%	29%	26%	31%	69%	34%	66%	40%	20%	40%			65
Predominantemente propietario	41%	21%	38%	24%	76%	35%	65%	29%	18%	53%			64

Tabla 7. Estadísticas descriptivas

	Estrato			Tamaño sistema de producción		Presencia de tomate bajo invernadero		Conflicto por acceso al agua			Tenencia de la tierra		
Estadística descriptiva	Sistema informal	Sistema formal	sistema semi-formal	Pequeños	Medianos	Con tomate	Sin tomate	Sin conflicto	Conflicto intermedio	Conflicto extremo	Predominante medianero	Predominante propietario	TOTAL
Tamaño promedio de los S.P. (Ha)	1,4	3,5	4,0	1,4	3,3	2,7	2,9	3,0	2,1	3,0	2,8	2,9	2,8
<i>c.v.e(%)</i>	7,12	7,30	7,48	9,68	5,52	8,49	6,92	7,47	11,40	8,81	7,31	7,96	5,37
Área agrícola promedio de los SP (Ha)	0,7	0,9	1,8	0,4	1,5	1,1	1,2	0,9	1,2	1,4	1,1	1,2	1,2
<i>c.v.e(%)</i>	7,60	11,40	10,05	4,56	6,27	9,88	8,33	9,66	12,61	9,94	6,93	10,92	6,43
Promedio del Área cultivada por SP(Ha)	1,2	1,3	2,6	0,6	2,2	1,7	1,8	1,3	2,1	1,9	1,8	1,7	1,8
<i>c.v.e(%)</i>	8,60	9,27	10,19	5,91	6,25	8,93	8,48	9,50	16,46	8,72	8,05	9,99	6,31
Área total cultivada/área agrícola (%)	163,9	141,7	145,6	165,2	148,0	158,8	145,4	148,4	180,6	139,8	161,0	138,9	149,4
<i>c.v.e(%)</i>	3,06	5,86	7,49	3,78	4,18	4,03	5,21	4,77	12,15	3,89	5,97	3,70	3,70
Área cultivada irrigada/área cultivada total (%)	66,3	74,1	71,1	71,3	70,2	67,2	71,8	68,6	59,5	75,6	65,3	76,6	70,3
<i>c.v.e(%)</i>	3,87	4,58	7,44	5,77	4,12	3,92	5,20	4,85	4,85	3,56	5,92	3,64	3,65

Tabla 7. Estadísticas descriptivas

	Estrato			Tamaño sistema de producción		Presencia de tomate bajo invernadero		Conflicto por acceso al agua			Tenencia de la tierra		
Estadística descriptiva	Sistema informal	Sistema formal	sistema semi-formal	Pequeños	Medianos	Con tomate	Sin tomate	Sin conflicto	Conflicto intermedio	Conflicto extremo	Predominante medianero	Predominante propietario	TOTAL
Valor del autoconsumo agropecuario (\$/año)	440.644	471.944	537.468	451.278	494.715	498.057	469.184	520.588	320.250	512.790	496.754	461.184	483.443
(smlvm/año)	0,82	0,88	1,00	0,84	0,92	0,93	0,88	0,97	0,60	0,96	0,93	0,86	0,90
USDólar/año	238	255	291	244	268	270	254	282	173	277	269	250	262
Canastas básicas anuales	0,49	0,53	0,60	0,50	0,55	0,55	0,52	0,58	0,36	0,57	0,55	0,51	0,54
<i>c.v.e(%)</i>	<i>5,56</i>	<i>13,44</i>	<i>15,06</i>	<i>8,65</i>	<i>8,11</i>	-	-	-	-	-	-	-	6,35
Promedio del área cultivada en propiedad (%)	37	33	47	52	41	31	47	32	19	57	8	79	42
<i>c.v.e(%)</i>	<i>15,20</i>	<i>13,93</i>	<i>15,47</i>	<i>13,85</i>	<i>10,36</i>	<i>17,23</i>	<i>10,92</i>	<i>12,07</i>	<i>35,83</i>	<i>8,47</i>	<i>22,26</i>	<i>3,70</i>	9,02
Mano de obra familiar/mano de obra total (%)	53,1	62,2	23,0	64,7	40,3	47,6	38,1	60,2	28,8	37,9	43,6	42,4	43,1
<i>c.v.e(%)</i>	<i>3,67</i>	<i>5,12</i>	<i>14,25</i>	<i>5,79</i>	<i>6,50</i>	6,89	8,07	4,19	22,09	6,52	7,86	7,40	5,52

Tabla 7. Estadísticas descriptivas

	Estrato			Tamaño sistema de producción		Presencia de tomate bajo invernadero		Conflicto por acceso al agua			Tenencia de la tierra		
Estadística descriptiva	Sistema informal	Sistema formal	sistema semi-formal	Pequeños	Medianos	Con tomate	Sin tomate	Sin conflicto	Conflicto intermedio	Conflicto extremo	Predominante medianero	Predominante propietario	TOTAL
Edad promedio del jefe de hogar	47,6	45,4	57,0	54,2	49,1	45,5	53,5	48,9	58,3	49,0	49,6	51,9	50,5
<i>c.v.e(%)</i>	3,00	4,90	4,21	2,80	2,96	-	-	-	-	-	-	-	2,31
Años de educación formal del jefe de hogar	4,2	4,2	5,2	3,1	5,0	5,3	4,2	4,2	4,6	4,8	4,5	4,6	4,5
<i>c.v.e(%)</i>	6,16	4,41	11,70	7,31	5,60	-	-	-	-	-	-	-	4,88
Promedio del número de miembros del hogar	3,2	2,7	3,5	2,5	3,4	3,0	3,2	2,7	2,5	3,8	2,9	3,4	3,2
<i>c.v.e(%)</i>	4,02	5,93	7,70	5,38	3,95	-	-	-	-	-	-	-	3,40
Total habitantes de	162	84	162	85	323	126	282	115	60	233	192	216	408
<i>c.v.e(%)</i>	4,02	5,93	7,70	5,38	3,95	-	-	-	-	-	-	-	3,40
Suministro relativo de agua	5,05	3,52	1,33	8,01	1,58	3,72	3,38	4,02	2,67	3,45	3,18	3,88	3,50
<i>c.v.e(%)</i>	15,38	36,04	15,82	17,52	16,54			27,29	26,51	23,51	23,78	14,02	14,79
Sistemas de producción	51	31	47	33	96	43	86	43	24	62	64	65	129

Tabla 8.1. Eficiencia económica

	Estrato				Tamaño			Presencia de tomate bajo invernadero			
Variable	Sistema informal	Sistema formal	sistema semi-formal	Diferencias observadas	Pequeños	Medianos	Diferencias observadas	Con tomate	Sin Tomate	Diferencias observadas	TOTAL
Ingresos netos/jornales totales (\$/jornal)	95.817	107.715	129.018	Si, entre informal y semi-formal. ANOVA, P= 0,01151*	78.477	115.798	Ninguna	104.756	118.976	Ninguna	111.506
Smdlv/jornal	5,37	6,03	7,23		4,40	6,49		5,87	6,66		6,25
USDólar/jornal	52	58	70		42	63		57	64		60
<i>c.v.e. (%)</i>	11,43	7,34	9,38		7,69	6,63		9,61	6,34		5,92
RNDTD (\$/jornal)	180.409	173.286	562.099	Si, entre informal y los otros dos. ANOVA, P= 3,5E-5*	121.305	287.438	Si. Kruskall-Wallis, P= 1,4E-3	219.857	312.666	Ninguna	258.757
Smdlv/jornal	10,11	9,71	31,48		6,79	16,10		12,31	17,51		14,49
USDólar/jornal	98	94	304		66	156		119	169		140
<i>c.v.e.(%)</i>	11,61	9,88	14,05		10,71	9,17		11,7	10,16		8,13
Rentabiliad pagando rentas (%)	188	152	165	Ninguna	128	173	Ninguna	175,7	162,8	Ninguna	169
<i>c.v.e.(%)</i>	8,58	9,38	8,5		12,77	5,6		8,11	6,05		5,17
Rentabilidad sin considerar rentas pagadas (%)	190	158	168	Ninguna	131	177	Ninguna	179,9	165,7	Ninguna	172
<i>c.v.e.(%)</i>	8,54	9,18	8,49		13,01	5,53		8,06	5,93		5,12
Ingresos netos/área cultivada (\$/Ha)	25.147.623	23.857.976	17.227.925	Ninguna	17.993.125	20.845.818	Ninguna	31.436.974	15.399.720	Si. Kruskal-Wallis, P= 4,11E-8	20.581.725
Smla	3,91	3,71	2,68		2,80	3,24		4,89	2,40		3,20
USDólar/año	13.608	12.910	9.322		9.737	11.280		17.011	8.333		11.137
<i>c.v.e.(%)</i>	9,08	7,29	11,54		7,22	7,14		6,82	7,04		6,35

Tabla 8.1. Eficiencia económica

	Estrato				Tamaño			Presencia de tomate bajo invernadero			
Variable	Sistema informal	Sistema formal	sistema semi-formal	Diferencias observadas	Pequeños	Medianos	Diferencias observadas	Con tomate	Sin Tomate	Diferencias observadas	TOTAL
Ingresos netos/área agrícola (\$/Ha)	41.225.284	33.805.181	25.078.344	Ninguna	29.721.753	30.852.426	Ninguna	49.917.679	22.384.773	Si. ANOVA, P= 7,57E-10*	30.757.727
Smalv	6,41	5,26	3,90		4,62	4,80		7,77	3,48		4,79
USDólar/año	22.308	18.293	13.571		16.083	16.695		27.012	12.113		16.644
<i>c.v.e(%)</i>	10,55	9,82	10,61		7,78	7,5		9,14	6,05		6,68
Excedente familiar agrícola promedio (\$/año)	30.696.530	30.977.477	45.478.925	Si, entre semi-formal e informal. ANOVA, P= 0.0355*	11.273.770	44.868.151	Si. ANOVA, P= 8E-10*	53.557.417	27.454.062	Si. ANOVA, P= 4.9E-4*	36.149.878
Smalv	4,78	4,82	7,08		1,75	6,98		8,33	4,27		5,62
USDólar/año	16.611	16.763	24.610		6.101	24.279		28.981	14.856		19.562
<i>c.v.e(%)</i>	14,55	11,67	11,72		9,15	7,71		10,84	8,91		7,69

(*) Las pruebas se realizaron con el logaritmo de los datos.

Salario mínimo mensual legal vigente (smmlv) año 2011: \$535.600

Salario mínimo diario legal vigente (smdlv) año 2011: \$17.853

Salario mínimo anual legal vigente (smalv) año 2011: 6'427.200

Valor promedio del dólar año 2011: \$1848/dólar

Tabla 8.2. Eficiencia económica

Variable	Conflicto por acceso al agua				Tenencia de la tierra			TOTAL
	Sin conflicto	Conflicto intermedio	Conflicto extremo	Diferencias observadas	Predominantemente medianeros	Predominantemente propietarios	Diferencias observadas	
Ingresos netos/jornales totales (\$/jornal)	117.056	76.407	124.087	Ninguna	102.801	122.289	Ninguna	111.506
Smdlv/jornal	6,56	4,28	6,95		5,76	6,85		6,25
USDólar/jornal	63	41	67		56	66		60
<i>c.v.e. (%)</i>	11,27	11,83	6,38		9,11	7,04		5,92
RNDTD (\$/jornal)	194.466	265.762	327.371	Ninguna	235.682	288.134	Ninguna	258.757
Smdlv/jornal	10,89	14,89	18,34		13,20	16,14		14,49
USDólar/jornal	105	144	177		128	156		140
<i>c.v.e.(%)</i>	12,74	25,65	11,32		10,39	12,66		8,13
Rentabilidad pagando rentas (%)	170	151	173	Ninguna	176	162	Ninguna	169
<i>c.v.e.(%)</i>	10,32	10,27	6,74		7,74	6,88		5,17
Rentabilidad sin considerar rentas pagadas (%)	175	153	177	Ninguna	179	166	Ninguna	172
<i>c.v.e.(%)</i>	10,08	10,34	6,70		7,61	6,88		5,12
Ingresos netos/área cultivada (\$/Ha)	28.184.574	13.811.554	19.870.439	Ninguna	20.419.485	20.753.446	Ninguna	20.581.725
Smalv	4,39	2,15	3,09		3,18	3,23		3,20
USDólar/año	15.251	7.474	10.752		11.050	11.230		11.137
<i>c.v.e.(%)</i>	8,86	11,14	8,46		9,80	7,87		6,35
Ingresos netos/área agrícola (\$/Ha)	41.839.896	24.950.408	27.788.242	Ninguna	32.870.491	28.828.067	Ninguna	30.757.727
Smalv	6,51	3,88	4,32		5,11	4,49		4,79
USDólar/año	22.641	13.501	15.037		17.787	15.600		16.644
<i>c.v.e.(%)</i>	11,96	8,94	9,01		10,03	8,48		6,68
Excedente familiar agrícola promedio (\$/año)	36.814.007	29.002.210	38.426.805	Ninguna	37.293.747	35.030.924	Ninguna	36.149.878
Smalv	68,73	54,15	71,75		69,63	65,41		67,49
USDólar/año	19.921	15.694	20.794		20.181	18.956		19.562
<i>c.v.e.(%)</i>	15,21	11,81	10,55		10,54	11,33		7,69

(*) Las pruebas se realizaron con el logaritmo de los datos.

Salario mínimo mensual legal vigente (smmlv) año 2011: \$535.600

Salario mínimo diario legal vigente (smdlv) año 2011: \$17.853

Salario mínimo anual legal vigente (smalv) año 2011: 6'427.200

Valor promedio del dólar año 2011: \$1848/dólar

Inicialmente mostraremos algunos resultados producto de la estadística descriptiva, presentadas en las tablas 6 y 7, con los que buscamos acercarnos a la comprensión de los actores estudiados; entre ellos están los regantes que se abastecen de los tres sistemas de riego estudiados (informal, formal y semi-formal); los financistas y su contraparte, los medianeros; los cultivadores de tomate bajo invernadero; los productores medianos y pequeños; y finalmente haremos una aproximación a la tipología de las familias de la zona. Finalmente, presentaremos el análisis y principales hallazgos, que si bien surgen del total del capítulo, están basadas primordialmente en los resultados de eficiencias económicas, presentados en las tablas 8.1 y 8.2.

Estadísticas descriptivas

Sistema de riego

Los sistemas de producción del estrato informal son los más pequeños, tanto en áreas totales (1,4 Ha), como en áreas agrícolas y cultivadas (0,7 y 1, 2 Ha, respectivamente), aun así muestran la mayor presencia relativa de agricultura de secano (el área cultivada irrigada representa el 66,3% del área cultivada total, contra 74,1% del formal y 71,1% de semi-formal). La menor área para desarrollar la agricultura irrigada, que es la destinada a la obtención de ingresos monetarios, la compensan con mayores rotaciones (relación área cultivada/área agrícola de 163.9, frente a 149.4 del promedio) e intensificando el valor de su producción cultivando tomate, pues es en este estrato donde hay mayor presencia de cultivadores de tomate bajo invernadero (47% de los sistemas de producción cultivan tomate). Probablemente, debido a la gran variedad de acuerdos y fuentes para acceder al agua, son los que mayor suministro relativo de agua reportaron (5.05), aun así y a pesar de la aparente abundancia, solo el 27% de los productores reportaron no tener conflicto por el agua.

En el otro extremo aparece el estrato semi-formal, que reporta las mayores áreas totales, agrícolas y cultivadas (4,0; 1,8 y 2,6 Ha, respectivamente). En este sistema la mayor parte de los productores son medianos (94%) y solamente el 14% cultivan tomate bajo invernadero, sus mayores áreas cultivadas y la escasez de fuentes hídricas alternas hacen que reporten el menor valor de suministro relativo de agua, 1.33, lo que los sitúa casi en el punto de equilibrio hídrico y con una alta vulnerabilidad a las variaciones climáticas y de los caudales de su fuente de agua, factor que se agrava con el deterioro y rusticidad de la red en la que se observan numerosas pérdidas de agua; en este sistema todos los productores reportaron algún tipo de conflicto por el agua.

El estrato formal muestra áreas totales cercanas a las del semi-formal (3,5 Ha), pero áreas agrícolas y cultivadas semejantes al informal (0,9 y 1,3Ha), mostrando la menor intensificación relativa del universo muestral, pero con las mayores relaciones área cultivada irrigada /área cultivada total (74.1%), es decir, son los que menor área relativa dedican a los cultivos de secano. La mayor parte de los productores son predominantemente medianeros. La gran mayoría de productores (94%) no reportan conflictos para acceder al agua, lo que se explica en un suministro relativo de agua de 3,52, en su consolidada estructura de administración y en el buen estado y diseño de su infraestructura.

Tamaño

Las dinámicas de la zona han llevado a que buena parte de los agricultores se hayan consolidado como productores medianos, lo que es especialmente notorio en el sistema semi-formal, donde el 96% fueron clasificados como medianos. Si bien la presencia de cultivadores de tomate bajo invernadero es minoritaria en el total, entre los medianos este cultivo es más visible, pues el 38% de los productores lo incluyen, mientras que entre los pequeños solo lo hace el 26%. Adicionalmente, los tamaños de los predios, las áreas agrícolas y cultivadas, y la monetización de la mano de obra

son mayores en los sistemas de producción medianos que en los pequeños (entre los medianos la mano de obra familiar representa el 40.3% del trabajo total)

El 73% de los productores medianos presentan conflictos por el agua (57% conflicto extremo y 16% conflicto intermedio), lo que es concordante con el valor del suministro relativo del agua cercano al equilibrio (1.58%). Por su parte, entre los pequeños (que tienen mayor disponibilidad de agua, pues su suministro relativo es de 8.01), el 54% de los productores no reporta dificultad para acceder al agua.

La mayor disponibilidad de agua de los pequeños se relaciona con sus menores demandas, sus sistemas de producción tienen áreas totales de 1.4, mientras que los medianos tienen 3.3 hectáreas, consecuentemente sus áreas agrícolas y cultivadas son también menores (0.4 y 0.6 hectáreas, frente a 1.56 y 2.2 Ha de los medianos), pareciera que buscan compensar la escasez de tierra con mayores intensificaciones (área cultivada total/área agrícola de 165.2 para los pequeños mientras que este indicador es de 148 para los medianos), el 58% son predominantemente medianeros, mientras que entre los medianos solo lo son el 48%. Adicionalmente, la mayor parte de la mano de obra (60.2%) es familiar.

Tomate bajo invernadero

La mayor parte de los cultivadores de tomate bajo invernadero (58%) están en el estrato informal y el 79% son clasificados como medianos. Pareciera que el cultivo de tomate bajo invernadero no está relacionado con la tenencia de la tierra, pues el 50% son predominantemente medianeros. A pesar de que el número de habitantes promedio en las familias de los sistemas con tomate bajo invernadero es ligeramente inferior que para los que no lo cultivan, en los primeros se observa mayor participación de la mano de obra familiar que en los segundos (47.6% y 38.1%, respectivamente), lo que puede explicarse en que la mano de obra familiar ofrece un trabajo más cuidadoso que la mano de obra contratada, y este cultivo es en extremo delicado; observaciones en este sentido ya habían sido sugeridas por Forero Álvarez et al. (2002a). Parecería curioso que cultivos en extremo dependientes del capital como el tomate incentiven la mano de obra familiar como estrategia para obtener mayores ingresos, pero los resultados muestran que son estrategias complementarias.

Los cultivos de tomate bajo invernadero son especialmente dependientes del suministro de agua de riego, pues, al estar cubiertos, requieren ser irrigados incluso en épocas de lluvia. Probablemente, por esta razón solo se establecen cuando el acceso al agua está asegurado, explicando que el 72% de los sistemas de producción con conflicto extremo no cultivan tomate, los productores de tomate bajo invernadero tienen un suministro relativo de agua ligeramente superior a quienes no los cultivan (3.72, frente a 3.38).

Conflicto

Los sistemas con conflicto intermedio tienen las menores áreas totales (2.1 ha), menores relaciones área irrigada/área cultivada total (59.5%) y menores áreas cultivadas en propiedad (19%), pero presentan las mayores áreas cultivadas (2.1 ha) y la mayor intensificación agrícola expresada en la relación área cultivada /área agrícola (180.6%). También es interesante notar que son los jefes de hogar de estos sistemas los que tienen la mayor edad (58, 3 años). Adicionalmente, los sistemas con conflicto intermedio reportan los menores valores de autoconsumo agropecuario (\$320.250) y la menor utilización de mano de obra familiar (28.8% del total de jornales empleados son ofrecidos por la familia), lo que los clasificaría entre los “menos familiares” de los sistemas estudiados.

Si bien se observa cierta relación entre los menores valores del suministro relativo de agua y la mayor presencia de conflictos, el indicador promedio de 3.50 muestra que existe abundancia de agua. Sin embargo, este indicador no es consecuente con los reportes de limitaciones en su acceso (solo el 33% del total de sistemas de producción no presenta conflicto). El valor de suministro relativo de agua calculado no considera la variabilidad temporal de los caudales ofertados, es decir que representa un valor promedio anual. Sugerimos, para ampliar el análisis que futuros trabajos estudien la variación del suministro relativo de agua durante todo el año.

Medianerías

Como se verá más adelante, los grupos que tienen mayor éxito (relativo) económico son los productores del sistema semi-formal, los que tienen tomate bajo invernadero y los medianos. Sin embargo, sus estrategias de tenencias de la tierra son distintas. Como se ve en la tabla 6, la mayor parte de los productores medianos y de los que cultivan tomate bajo invernadero (61% y 58%) son “predominantemente medianeros”, mientras que la mayoría (68%) de los del estrato semi-formal, se encuentran en la categoría “predominantemente propietarios”. En algunos casos, la medianería permite complementar los factores de producción y por esta vía mejorar la producción e ingresos para las partes.

Los financistas pueden ser personas residentes en el casco urbano que se dedican a la comercialización de las cosechas, o productores que han logrado acumular capital y con este financian a cultivadores que siembran en sus propios predios o en el de los financiadores; los dos tipos de financistas buscan, por medio de estos arreglos, aumentar sus ingresos y, en el caso de los agricultores financistas, aumentar sus áreas cultivadas; por su parte los socios agricultores, que pueden tener suficiente tierra o no, buscan mediante estos arreglos acceder fácilmente a los mercados y a suficiente capital para cultivos de mayores gastos y rendimientos como la habichuela o el tomate bajo invernadero.

Familias

Los sistemas del estrato semi-formal y los medianos son los que tienen las familias más numerosas, lo que indicaría una mayor disponibilidad de mano de obra, que a su vez permite aumentar la producción y consolidarse como productores exitosos. Sin embargo, esta relación no se observa entre los sistemas con tomate bajo invernadero que también arrojaron los mejores resultados.

Si bien la mayor parte de familias tienden a ser de tipo nuclear, o convencional (padre, madre e hijos), el bajo número de habitantes de cada hogar (3,2 en promedio) puede explicarse en que los padres suelen tener, muy jóvenes, pocos hijos y que estos rápidamente, al alcanzar la mayoría de edad, migran a otras zonas; particularmente a Bogotá y a Villavicencio, además por la edad promedio de los jefes de hogar, 50.5 años, es de esperarse que sus hijos sean mayores de edad y que se encuentren viviendo y trabajando fuera del núcleo familiar, lo que implica una baja oferta de mano de obra familiar.

Eficiencias económicas

En general los resultados son muy favorables y homogéneos, en particular debemos destacar los excelentes resultados de rentabilidad cuyo promedio fue de 169% y 172%, considerando rentas pagadas y sin considerarlas, respectivamente. Estos valores resultan altos y no mostraron diferencias estadísticas para ninguna de las clasificaciones utilizadas.

Solo algunos grupos mostraron mejores resultados económicos, pero estos fueron puntuales: los que tienen tomate bajo invernadero para ingreso por área agrícola y cultivada y para excedente familiar; los medianos para remuneración neta día del trabajo doméstico y excedente familiar; y los semi-formales para ingresos netos/jornales totales (solo al compararlos con los informales), para remuneración neta día del trabajo doméstico y para excedente familiar agrícola.

Los buenos resultados (para unas variables) mostrados por los tomateros obedecen a estrategias de intensificación de la producción, lo que se tratará más adelante. Los mejores indicadores de los medianos y de los informales, para las variables ya mencionadas, son explicados por la menor presencia relativa de la mano de obra familiar (la mano de obra familiar representa el 23% en el semi-formal y 40.3% en los medianos, es decir que los jornales contratados representan el 77% y 59.7%, respectivamente).

En promedio los sistemas de producción solo utilizan el 43,1% de mano de obra familiar. Este panorama de alta monetización de la mano de obra debe invitarnos a relativizar indicadores como la remuneración del trabajo doméstico o del trabajo total. Debe considerarse que Indicadores como la RNDTD²⁴ y el excedente familiar representan los ingresos que llegan a la familia, pero responden a decisiones racionales que no indican mayor o menor eficiencia, como podría explicarlo la rentabilidad. En condiciones como las de la zona, en donde la productividad de la mano de obra es alta (los ingresos netos/jornales totales son de \$111.505 en promedio, lo que representa 6.25 salarios mínimos o 4.5 jornales de la zona) el productor que se ha ampliado utilizando mano de obra contratada obtendrá mejores resultados económicos. En general, las estrategias por las que se contrata mano de obra pueden ser las siguientes:

- a. Reemplazar la mano de obra familiar por mano de obra contratada. Se presenta en sistemas de producción donde la mano de obra familiar no está disponible porque migró, está incapacitada, se dedica a otras actividades o por otros motivos. Esta situación de carencia de mano de obra familiar haría disminuir la producción y por lo tanto los ingresos, la contratación de mano de obra buscaría mantener los niveles de producción, y en consecuencia, los ingresos brutos constantes. Sin embargo, al pagar por la mano de obra contratada se aumentan los costos monetarios por lo que los ingresos netos disminuyen.
- b. Complementar la mano de obra familiar para ampliar la producción. Cuando se busca expandir la producción la mano de obra disponible en el hogar puede no ser suficiente, por lo que se hace necesario contratar obreros para cumplir con las labores que las metas de producción imponen. En este escenario, aunque toda la familia trabaje en las faenas agrícolas su participación relativa en el total del trabajo disminuye.
- c. Apropiar los ingresos producidos por el trabajo contratado. La alta remuneración de la mano de obra (\$111.505, en promedio), es muy superior al costo de los jornales (el jornal promedio en la zona se paga a \$25.000), lo que significa que el pago de jornales ofrecerá, en promedio, rendimientos de 4,4 veces su valor. Esto permitiría contratar obreros para que realicen las faenas agrícolas mientras que los miembros de la familia pueden dedicarse a otras actividades como educarse, otros negocios, o incluso al ocio.
- d. Combinación de las anteriores, que parece ser la estrategia más difundida.

²⁴ Recordemos que la remuneración neta día es el excedente familiar del sistema sobre los jornales domésticos ($RNDTD = EF/JD$) si los ingresos se mantienen relativamente constantes en el numerador, pero los jornales familiares, que entran al denominador, son menores, esto aumenta el valor de la división que es la RNDTD.

Si bien, la contratación de la mano de obra puede obedecer a distintas estrategias, esta es posible gracias al aumento del valor de la producción vía intensificación agrícola. Para lograrla se han establecido, principalmente, tres estrategias que suelen ir de la mano:

- a. Incluir productos de ciclo corto y altas rentabilidades, entre los que son característicos la habichuela o el tomate (bajo invernadero particularmente). Las semillas de estos cultivos suelen ser provistas por casas especializadas en la comercialización de materiales genéticos mejorados y desarrollados por grandes laboratorios internacionales.
- b. Hacer rotaciones más rápidas que aumentan la relación área cultivada/área agrícola, es decir disminuir los periodos de descanso para obtener mayor número de cosechas al año, lo que es posible gracias al aumento del consumo de fertilizantes y pesticidas.
- c. Intensificar requiere la adopción de paquetes asociados a altas inversiones monetarias, que se asocian al surgimiento de nuevas estrategias para favorecer el acceso a los medios de producción. Para ampliar la producción se han adaptado nuevas estrategias de medianería que han evolucionado asociadas a una pérdida relativa de la posición dominante del propietario de la tierra, lo que explica que no existan diferencias estadísticas entre los predominantemente medianeros y los predominantemente propietarios.

Si bien el tomate bajo invernadero es un cultivo que requiere de altísimas inversiones, ha demostrado ser una excelente estrategia de intensificación de la tierra. La incorporación de este cultivo es un claro ejemplo que materializa las estrategias de intensificación planteadas: la presencia de tomate bajo invernadero, en al menos la mitad de los casos, es posible gracias a medianerías, y prácticamente no existen periodos de descanso entre cultivos sucesivos. Su presencia se relacionó con los mayores excedentes familiares (\$53.557.417, frente a \$27.454.062 de los que no cultivan tomate) y los mayores ingresos netos obtenidos por áreas cultivadas y agrícolas de este grupo (\$31.436.974 y \$49.917.679, respectivamente frente a \$15.399.720 y \$22.384.773, de los que no cultivan tomate).

Las eficiencias de la agricultura intensiva, la alta monetización de la mano de obra y el desarrollo de nuevas instituciones para acceder al agua y a otros recursos productivos como la tierra, el trabajo o el capital, han ido de la mano con la evolución de relaciones sociales menos verticales (como lo muestra la pérdida de importancia relativa de la tierra en las medianerías) y con el desarrollo de procesos autónomos de empresarización de la agricultura familiar.

En este tipo de empresarización los productores incorporan estrategias de la agricultura empresarial a la vez que siguen siendo agricultores familiares con rasgos culturales campesinos. Por una parte sus estrategias están orientadas principalmente a la reproducción de la familia, las decisiones son tomadas en este sentido, la mayor parte de la familia trabaja en las labores agrícolas (así sea minoritaria en la mano de obra total, por las razones o motivaciones ya explicadas) y tienen un fuerte apego por la tierra y a los lazos sociales dentro de sus comunidades, por otra parte, sus decisiones también están orientadas al aumento de las utilidades, son productores altamente dependientes del mercado, de la tecnología (sistemas de riego, semillas mejoradas, agroquímicos especializados) y están altamente monetizados. Este proceso de empresarización de la agricultura familiar ha sido continuo y posible, gracias a que su cohesionado entorno social es parte fundamental de su organización económica.

Estrategias como la medianería han sido fundamentales en el proceso de evolución agrícola, pues han permitido ampliar las áreas agrícolas e intensificar las áreas de las que ya disponía; el éxito ha hecho que tiendan a consolidarse y a agruparse como productores medianos. Es así que en los tres estratos la presencia de sistemas de producción medianos es mayoritaria; esta realidad deberá considerarse como síntoma de adaptación y evolución de los sistemas agrícolas familiares.

5.2 Caracterización, explicación y predicción del comportamiento de sistemas agrícolas irrigados en ladera

Caracterización de los sistemas de producción utilizando análisis de correspondencias múltiples

El análisis de correspondencias múltiples permitió la identificación de 3 grupos de sistemas de producción (ver tabla 9) y consecuentemente con lo encontrado en el capítulo anterior, ni el sistema de riego al que pertenecen (estrato) ni el valor del excedente familiar, fueron las únicas variables que explicaron la heterogeneidad de los grupos. Si bien no todas las variables caracterizan a todos los grupos, los resultados generales permiten definir, en términos generales, las características más representativas.

Grupo 1. Representa el 21,7% de la población. Son sistemas de producción caracterizados por productores medianos abastecidos por sistemas de riego semi-formal; tienen las mayores áreas totales, áreas agrícolas, áreas cultivadas, áreas cultivadas irrigadas y áreas cultivadas de secano; presentan los mejores indicadores económicos, los mayores ingresos por venta de productos de agricultura irrigada, además de reportar autoconsumo de estos productos; también reportan los mayores costos, pago de rentas en dinero y de intereses por créditos; mayor uso de mano de obra, tanto familiar como contratada; presentan los mayores consumos de agua y costos relacionados con ella y los menores suministros relativos de agua; sus jefes de hogar tienen menos de 39 años y entre 5 y 18 años de educación. Son los más monetizados y exitosos.

Grupo 2. Representa el 28,9% de la población. Caracterizados por productores medianos abastecidos por sistemas de riego semi-formal; sus resultados económicos y costos se ubican en un punto medio entre los de los grupos 1 y 3, salvo aquellos relacionados con el agua que son los menores de los tres grupos; no tienen área cultivada en secano; presentan conflicto extremo por acceso al agua y su consumo se ubica en el segundo cuartil, además; el área irrigada con aspersor y mateo es la misma que la del Grupo 1; no cultivan tomate bajo invernadero. Este grupo es el que tiene menos variables que lo caractericen; entre otras, no tiene información de área agrícola, área cultivada irrigada, suministro relativo del agua, valor pagado por jornales, ni remuneración neta día del trabajo doméstico.

Grupo 3. Representan el 49,2% de la población. Está caracterizado por productores pequeños, abastecidos por sistemas de riego informal. Tienen las menores áreas totales, agrícolas y cultivadas; los menores resultados económicos y a la vez los menores costos; la oferta de agua disponible es mayor que la del grupo 2, además de tener el mayor suministro relativo de agua (reciben más de 7,8 veces la que requieren); aunque los costos totales relacionados con el agua son mayores que los del grupo 2, son los que menos pagan por el acceso a ella; no pagan intereses por créditos, no compran plántulas ni semillas, y tampoco autoconsumen productos de agricultura irrigada. Entre otras variables, no fue caracterizado por el número de jornales familiares ni contratados. Son los que reportan el menor éxito económico.

Tabla 9. Valores de las principales variables que caracterizan a cada grupo de sistemas de producción.

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	Valor para el grupo 1 (Los más exitosos)	Valor para el grupo 2 (Éxito intermedio)	Valor para el grupo 3 (Los menos exitosos)
Categoría	Porcentaje de sistemas de producción en el grupo (%)	21,7	28,9	49,2
Categoría	SP del estrato informal caracterizadas por el grupo (%)	10	17	73
Categoría	SP del estrato formal caracterizadas por el grupo	18	11	71
Categoría	SP del estrato semi-formal caracterizadas por el grupo	41	59	0
Estructural	Área de los sistemas de producción (Ha)	>4,0	1,3 – 2,4	<1,3
Estructural	Área agrícola del último año(Ha)	>1,5		< 0,5
Estructural	Área cultivada en el último año(Ha)	>2,0	1,3 – 2,0	< 0,8
Funcional	Área cultivada irrigada(Ha)	>1,4		<0,5
Estructural	Área cultivada irrigada con aspersor y mateo (Ha)	>0,5	>0,5	<0,5
Funcional	Área cultivada de secano (Ha)	>0,6	0,0	<0,4
Funcional	Tipo de productor	Mediano	Mediano	Pequeño
Estructural	Cultivo de tomate bajo invernadero		No	
Estructural	Tipo de riego característico	Semi-formal	Semi-formal	Informal
Estructural	Consumo de agua real (m3/año)	>5396	1.665 – 2.750	
Estructural	Oferta de agua (m3/año)		10.556 – 13.782	13.782 – 16.908
Estructural	Conflicto por acceso al agua		Extremo	
Estructural	Costos relacionados con el agua (\$/año)	>763.746	0,0 – 312.000	312.000 – 431.539
Estructural	Costos de suministro de agua (\$/año)		42.001 – 84.000	<42.000
Estructural	Suministro relativo de agua	0,89 – 2,41		>7,8
Suplementaria	Edad del jefe de hogar (años)	<39		
Suplementaria	Años de educación formal del jefe de hogar (años)	5 - 18		
Suplementaria	Número de miembros del hogar		5 - 8	
Funcional	Gastos en empaques (\$/año)	400.000	66.001 – 400.000	<66.000
Estructural	Costos de fletes (\$/año)	>2'355.000		<21.000
Funcional	Valor pagado por fertilizantes (\$/año)	>5'020.000	2'800.001 – 5'020.000	<2'800.000
Funcional	Valor pagado por semillas y plántulas (\$/año)			0,0
Estructural	Gastos en transporte o combustible (\$/año)	>800.000	82.500 – 800.000	<82.500

Tabla 9. Valores de las principales variables que caracterizan a cada grupo de sistemas de producción.

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	Valor para el grupo 1 (Los más exitosos)	Valor para el grupo 2 (Éxito intermedio)	Valor para el grupo 3 (Los menos exitosos)
Funcional	Valor de gastos de inversión (\$/año)	>3'383.183		
Estructural	Pagan rentas en dinero	Si		
Estructural	Pagan intereses de créditos	SI		NO
Estructural	Jornales contratados por año	>220		
Estructural	Número de jornales familiares por año	>186	11 - 186	
Estructural	Valor pagado por jornales contratados (\$/año)	>4'500.000		540.000 – 2'200.000
Funcional	Gasto en alimentación de trabajadores (\$/año)	>1'000.000		200.000 – 600.000
Estructural	Ventas de productos de agricultura irrigada (\$/año)	>63.050.000	18'645.401 - 63.050.000	18'645.000
Funcional	Valor del autoconsumo de agricultura irrigada (\$/año)	7.200 - 45.000		0,0
Estructural	Excedente familiar agrícola (\$/año)	>46'560.436	24'982.937 – 46'560.436	<14'086.048
Estructural	Remuneración neta día del trabajo doméstico (\$/jornal familiar)	>364.845		<117.077

Reflexión acerca de los grupos hallados

La caracterización muestra que los sistemas de producción con mayores áreas totales de terreno tienen mayores beneficios económicos y este indicador es consecuente para los tres grupos, el grupo 1 tiene los mayores ingresos y las mayores áreas agrícolas y cultivadas y el grupo 3 es el que tiene las menores áreas y los menores ingresos, mientras que el 2 se encuentra en un punto intermedio entre los anteriores.

Podría pensarse que el conflicto extremo en el acceso al agua que presenta el grupo 2, al impedir las faenas agrícolas en algunos periodos del año y en algunos lotes, es el responsable de que este grupo no presente mejores resultados económicos. Probablemente, si estos sistemas de producción no tuvieran conflicto por el agua podrían cultivar mayores áreas y por esa vía incrementar sus ingresos.

A pesar de la amplia difusión de acuerdos por acceder a la tierra o al capital, las categorías predominantemente medianeros o predominantemente propietarios no caracterizaron a ningún grupo. Esto muestra una equilibrada distribución de los beneficios entre socios, razón que explica que quien cultiva solo no obtiene mayores beneficios que quien lo hace en medianerías.

El grupo 1, el de los productores más exitosos, tiene las mejores condiciones generales: son productores relativamente jóvenes (menos de 39 años) y educados, no reportan conflictos por acceso al agua y tienen los predios con las mayores áreas. Además, su éxito pareciera estar relacionado con una alta monetización; aun así, son los que más jornales familiares utilizan, lo cual es consecuente con los resultados obtenidos en el numeral anterior. Por su parte el grupo con los menores ingresos es el grupo 3 caracterizado por el sistema informal.

Modelo de regresión lineal múltiple

El test de Box-Cox, a un nivel de significancia del 5%, indicó que se debía utilizar un modelo que relacionara el logaritmo de las variables explicativas con el logaritmo de la variable independiente.²⁵ Con este criterio se hicieron varias iteraciones buscando el modelo óptimo que cumpliera con los supuestos teóricos planteados al momento de hacer la estimación²⁶. Finalmente, obtuvimos el modelo óptimo:

$$\text{LN}(\text{EXC_FAM_AGR}) = 0,1208\text{LN}(\text{AREA_CULT_IRRIG}) - 0,0605\text{LN}(\text{CONS_AGUA_REAL}) - 0,0794\text{LN}(\text{V_PAG_JOR}+1) + 1,0857\text{LN}(\text{VENTA_AGRI_RIEG_SI}) - 0,0205 \text{LN}(\text{SEM_PLANT}+1)$$

²⁵ Adicionalmente, los modelos logaritmo-logaritmo permiten una fácil interpretación, los coeficientes de las variables explicativas serán interpretados como elasticidades. Por ejemplo, en el modelo óptimo con respecto a la variable AREA_CULT_IRRIG, se observa que si todas las demás variables permanecieran constantes, por cada unidad porcentual que aumente el área cultivada irrigada el valor del excedente familiar agrícola del sistema aumentará un 0,19%.

²⁶ Se parte del modelo que incluye todas las variables explicativas, en cada iteración se eliminan las variables que no son significativas para el modelo y testando cada vez que dicha variable no fuera significativa como una transformación (cuadrática, sin logaritmo, alguna potencia, entre otras). Los modelos intermedios, el proceso de construcción detallado y la validación de supuestos para cada uno de ellos se muestran en el anexo 4.

Si bien este modelo cumple con todos los supuestos y tiene un excelente ajuste, la variable CONS_AGUA_REAL, resulta un poco aislada de las particularidades de cada sistema de producción, por lo que se consideró ponderar el consumo de agua con el área agrícola y con el área cultivada. Así, basados en el modelo anterior, decidimos utilizar la relación entre estas variables, es decir, CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRI_COM y CONS_AGUA_REAL/ AREA_AGRI_CULT, las que después de un largo proceso, que también se muestra en el anexo 4, nos permitieron obtener los siguientes dos modelos alternativos:

$$\begin{aligned} \text{LN}(\text{EXC_FAM_AGR}) = & 2,5391 + 0,1751\text{LN}(\text{AREA_CULT_IRRG}) - \\ & 0,0920\text{LN}(\text{CONS_AGUA_REAL/AGRI_COM}) - \\ & 0,0955\text{LN}(\text{V_PAGO_JOR}+1) + 0,9622\text{LN}(\text{VENTA_AGR_RIEG_SI}) - \\ & 0,0176\text{LN}(\text{SEM_PLANT}+1) + 0,2308\text{TOMATE} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LN}(\text{EXC_FAM_AGR}) = & 3,3693 + 0,2236\text{LN}(\text{AREA_CULT_IRRG}) - \\ & 0,1137\text{LN}(\text{CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRI_CULT}) - \\ & 0,0993\text{LN}(\text{V_PAGO_JOR}+1) + 0,9250\text{LN}(\text{VENTA_AGR_RIEG_SI}) - \\ & 0,0178\text{LN}(\text{SEM_PLANT}+1) + 0,2627\text{TOMATE} \end{aligned}$$

A continuación, en la tabla 1, se resumen los valores obtenidos para las pruebas llevadas a cabo.

Supuestos							
	R2	R2 Ajustado	Buena especificidad del modelo- p-valor de la prueba Reset de Ramsey	Valor esperado de los errores igual a cero	Homoscedasticidad, p-valor de la prueba Koenker	Multicolinealidad - Coeficiente Kappa	Normalidad de los errores. p-valor de la prueba Shapiro Wilk
Modelo óptimo	≈1,000	≈1,00	0,33	- 3,80E+02	0,51	5,90	0,06
Modelo alternativo 1	0,952	0,95	0,46	1,24E-11	0,76	25,65	0,30
Modelo alternativo 2	0,954	0,95	0,64	-4,84E-12	0,74	26,43	0,44

Tabla 10. Verificación de supuestos de los modelos.

Si bien el modelo óptimo tiene excelentes ajustes y se explica con variables obtenidas sistemáticamente, los modelos alternativos también tienen muy buenos ajustes y cumplen con todos los supuestos, con la ventaja adicional de incluir la variable CONS_AGUA_REAL ponderada por

las áreas agrícolas y áreas cultivadas respectivamente. Con la consideración adicional que en estos dos últimos modelos la presencia o ausencia de tomate bajo invernadero cobra importancia y tiene un peso positivo importante.

Aunque el trabajo estadístico se hizo buscando la obtención de un modelo sencillo y ajustado, no deja de sorprender que la complejidad de los sistemas de producción pueda ser explicada por la interacción de tan solo 5 o 6 variables, según el caso. Consecuentemente con la fórmula del excedente agrícola familiar las variables que implican costos monetarios restan y las que significan ingresos los suman. Sin embargo, merece especial atención el coeficiente de CONS_AGUA_REAL, que afecta negativamente los valores esperados de los excedentes agrícolas familiares. Sorprende que en sistemas donde el valor a pagar por el agua no depende de los volúmenes consumidos un mayor consumo de agua esté relacionado con la disminución en los valores de los excedentes familiares. El impacto y presencia de esta variable en los dos modelos alternativos nos permite lanzar dos hipótesis preliminares; la primera estaría relacionada con que tanto los déficit de agua como los excesos de la misma pueden ser perjudiciales para las plantas, así, un agricultor que sobre-irrigue podría disminuir los rendimientos de sus cultivos y por esta vía reducir sus ingresos monetarios; la segunda hipótesis se relaciona con que un sector de los productores con menores ingresos son los que mayor agua disponible tienen, es decir que la inclusión de esta variable se asociaría con los resultados de productores con menores áreas cultivadas y mayores volúmenes disponibles de agua, no con que un mayor consumo de agua disminuya los ingresos per-se.

La presencia, en los resultados económicos y en los modelos alternativos, del tomate bajo invernadero como una variable que aumenta el excedente familiar agrícola del sistema, corrobora una vez más la importancia de las estrategias de intensificación en el uso de la tierra y del trabajo en la viabilización de sistemas de producción familiares con pequeñas áreas.

6. UN BALANCE DE LA DINÁMICA ECONÓMICA DE LA AGRICULTURA FAMILIAR IRRIGADA DE MONTAÑA

Fómeque es una zona reconocida por presentar agricultura familiar vigorosa y consolidada, durante un largo recorrido histórico se han adaptado de forma exitosa varios elementos de la Revolución Verde (entre ellos la agricultura irrigada); los productores tienen experticia en el cultivo de productos muy rentables, como las hortalizas; y la actividad agrícola se potencia gracias a otros factores como un clima apropiado y la rápida conexión con importantes centros de consumo.

Si bien ha habido algunas acciones puntuales orientadas a mejorar las condiciones de los productores, éstas no han sido sistemáticas por parte del estado, y este no ha dado respuesta a las necesidades de los agricultores para acceder a los recursos. Esta situación ha obligado a los agricultores a buscar soluciones por sus propios medios. Los sistemas de riego, en especial los semi-formales e informales, surgen de la necesidad de abastecerse de agua y muestran adaptaciones y apropiaciones de tecnologías externas. Por otra parte, las medianerías buscan favorecer el acceso a los recursos, en especial al capital, en un entorno donde los préstamos bancarios son vistos con desconfianza, por la posibilidad de perder su tierra en caso de no poder pagarlos, y además la mayoría de productores difícilmente puede demostrar la capacidad para asumirlos.

Los procesos que han llevado al éxito agrícola en la zona son de larga data y principalmente endógenos, pues si bien ha habido apoyo institucional y sus estrategias responden, principalmente, al mercado, las dinámicas no obedecen a imposiciones de agentes externos.

El desarrollo agrícola ha ido de la mano de la búsqueda de un óptimo en el que las estrategias de producción han jalonado la evolución de los sistemas de riego y la construcción de nuevas institucionalidades, en las cuales las estrategias de modernización, adaptación e integración a los mercados han sido muy bien interiorizadas por los productores.

Adicionalmente, en estos procesos, el éxito agrícola y el desarrollo de los sistemas de riego estudiados son a la vez causa y consecuencia de la buena distribución de la tierra. Surgen de la necesidad de las comunidades campesinas de viabilizar sistemas de producción con pequeñas áreas. Esta viabilización favorece la permanencia de los actores, empoderándolos, lo que limita las posibilidades de acumulación de tierra. La adecuada distribución de la tierra ha fortalecido a las comunidades mostrando relaciones de poder que si bien no son horizontales, tampoco son verticales.

Los tres estratos se localizan en una zona socioecossistémica semejante, en la que si bien puede haber conflictos por acceso al agua, estos no limitan sistemática ni permanentemente la producción agrícola. Por lo anterior, a pesar de que cada estrato se abastece de agua para riego utilizando estructuras físicas y sociales diferentes, sus resultados son semejantes (tal como lo mostró la dificultad para encontrar diferencias estadísticas entre los indicadores económicos).

Aparentemente, los resultados individuales están más asociados con las particularidades de cada sistema de producción y con las instituciones en que se soportan para acceder a los factores de producción, que con la pertenencia a uno u otro sistema de riego.

Los buenos resultados y la ausencia de diferencias entre la mayor parte de indicadores económicos, deben leerse considerando que se estudió a los productores que tienen acceso al agua de riego y que

son los más consolidados de la zona, es decir a los más exitosos dentro de los exitosos. Mostrando que si el acceso a los factores de producción no es una limitante, no se presentan diferencias significativas en las eficiencias económicas entre sistemas pequeños y medianos, tal como lo encontraron Forero Álvarez et al. (2013); ni entre sistemas de riego formal, semi formal o informal. Lo que además se comprueba al observar que estas variables no entraron en los modelos desarrollados.

El hecho de que la organización social, entendida como la pertenencia de un sistema de producción a un sistema de riego formal, informal o semi-formal, no fue una variable que explicara el valor del excedente familiar agrícola, puede deberse a que todavía la demanda relativa de agua es inferior a la oferta relativa. Sin embargo, esta situación parece haber llegado a su límite. Aun así, la vinculación a determinado tipo de sistema de riego no debe sub-estimarse, pues ofrece diferencias en cuanto a pérdidas en la red y a mayor presencia de conflictos por el agua, expresados como restricciones en las posibilidades de expandir el área cultivada irrigada y por esta vía incrementar los ingresos familiares (lo que se dice a manera de hipótesis pues este trabajo no lo comprueba).

Llama la atención que los jefes de hogar de los sistemas medianos, con tomate bajo invernadero y los del estrato semi-formal (los sistemas que arrojan los mejores resultados en algunas variables económicas) tienen más años de educación que los de los sistemas contrastantes. En estas dinámicas de evolución y empregarización parecen tener mayor éxito los agricultores más jóvenes y mejor educados. Sin embargo, los análisis estadísticos no confirman que exista relación entre edad, educación y éxito económico. Esta es una conjetura que hacemos basados en las experiencias observadas y ameritaría estudios al respecto, en especial en lo relacionado con nivel educativo, pues es una variable que se puede modificar con adecuadas políticas.

Si bien se ha mostrado que los sistemas de producción estudiados son exitosos y ya se han analizado las particularidades de los resultados, consideramos necesario ahondar o matizar un poco más en la interpretación de algunos indicadores.

Aunque los resultados de eficiencia económica de los productores del sistema de riego semi-formal se afectan por la alta proporción de mano de obra contratada, y se encuentran potenciados por la disponibilidad de mayores áreas y jefes de hogar jóvenes y relativamente educados, su eficiencia económica puede deberse también a que este sistema combina las ventajas de un sistema formal (normas claras; permisos de acceso; control social; sanciones, una fuerte estructura local y apoyo de las instituciones del estado, así este sea esporádico), con las de un sistema informal (incorporan la realidad y el potencial del conocimiento tradicional de los usuarios; fue diseñado basado en necesidades sentidas de los productores, con conocimiento del entorno local y bajo criterios de practicidad y flexibilidad para acceder a distintas fuentes de agua o para “prestarse” el agua entre vecinos; así como una infraestructura flexible y económica que permite resolver problemas rápidamente). Con el fin de ahondar en estos aspectos será necesario realizar nuevos estudios, que probablemente deberán enfocarse en la organización social y en las prácticas culturales de los usuarios del distrito de riego.

Es llamativo que el estrato de riego formal no caracterice a ningún grupo. Sin embargo, es en el grupo 3, del ACM, donde se encuentra la mayor cantidad de fincas de este estrato y es en este grupo donde están las menores eficiencias económicas. Esto es curioso pues es el único sistema con

infraestructura técnicamente diseñada y con suministro constante de agua, factores que deberían incentivar la producción agrícola. Aun así, la gran fortaleza del sistema de riego formal es el eficiente control de conflictos (94% de los usuarios reportaron no tener ningún problema con el acceso al agua) y las mínimas pérdidas de agua en la red, estos mismos indicadores muestran las mayores limitaciones del sistema de riego semi-formal las cuales surgen de la incapacidad para resolver los conflictos (el 82% de los usuarios tienen conflicto extremo y el 18% conflicto intermedio). Por su parte, la capacidad del sistema de riego informal para manejar los conflictos resulta difícil de comparar con los otros dos, pues tanto en el manejo de conflictos como en las soluciones de infraestructura de este sistema priman las estrategias individuales sobre las colectivas.

La presencia en los tres modelos de regresión lineal múltiple hallados de la variable AREA_CULT_IRRIG que relaciona acceso a la tierra y al agua de riego (pues se trata de área cultivada irrigada) muestran la importancia del acceso a la tierra y al agua por parte de los campesinos para viabilizar sus sistemas de producción y mejorar su calidad de vida y las de sus familias, a la vez que el acceso seguro a estos factores de producción aunados a una adecuada comercialización (VENTA_AGRI_RIEG_SI) deberán ser factores tenidos en cuenta para mejorar, no solo las condiciones de los productores, sino de comunidades rurales completas.

Las menores áreas disponibles de los productores del estrato informal podrían explicar los menores resultados del excedente familiar comparado con el del estrato semi-informal. Sin embargo, el hecho de no haber encontrado diferencias estadísticas en rentabilidades e ingresos por áreas agrícolas y cultivadas hacen pensar que, en un escenario hipotético en que los sistemas productivos del estrato informal tuvieran mayores áreas surgirían dos respuestas probables: 1. tendrían excedentes semejantes a los demás, pues sus ingresos netos por área agrícola y cultivada no presentan diferencias con los otros estratos, o 2. continuarían arrojando los mismos indicadores, pues, al no encontrarse repetidamente diferencias estadísticas significativas dentro de las clasificaciones planteadas, podría pensarse que todos los sistemas están arrojando resultados económicos cercanos a un valor límite de su capacidad productiva. Las observaciones nos hacen pensar que la segunda hipótesis es la más probable y arroja dudas sobre la sostenibilidad de la agricultura local.

En las actuales condiciones la posibilidad de acceder al agua es el factor límite para la expansión agrícola y por lo tanto para el crecimiento económico de los agricultores. En este sentido, varios indicadores muestran que se está llegando al límite de las potencialidades de los sistemas de producción, al menos en las condiciones actuales. Entre estos indicadores están: 1. el generalizado alto grado de conflicto por el agua, evidenciado en que el 67% de los sistemas de producción reportan tener algún problema en acceder a ella (conflicto extremo e intermedio); 2. los ajustados valores de los suministros relativos de agua²⁷ (en especial para los medianos y semi-formales); y 3. la imposibilidad de las fuentes de soportar nuevos usos, lo que motivó la expedición de la resolución 345 de 2011, por parte de Corpoguavio (autoridad ambiental de la zona) en la que se declara el agotamiento de varias fuentes, entre ellas la quebrada Caquinal, por “lo cual restringe asignar legal y técnicamente caudales a nuevos usuarios, ...e impone a los usuarios del agua, obligaciones adicionales para la conservación y restauración”. Sin embargo, habiendo conocido el largo proceso de adaptación e innovación, es posible suponer que el límite podría modificarse

²⁷ Aun sin considera la variabilidad temporal del indicador

gracias a la evolución de la institucionalidad, asociada a nuevas infraestructuras que permitan un uso eficiente del agua, es decir disminuyendo los conflictos y las pérdidas de agua en las redes.

En el caso específico de los cultivadores de tomate bajo invernadero, cultivo típicamente dirigido al mercado, se observa que se generan mayores excedentes y mayores ingresos por área agrícola y cultivada que en los sistemas de producción que no incluyen este cultivo, pero, a la vez, también se incluye una mayor utilización de la mano de obra familiar, de la producción dirigida al autoconsumo, y mayores porcentajes dedicados a la agricultura de secano. Por lo que se supondría de lo anterior que en este contexto, las actividades de producción y de reproducción del hogar además de ser compatibles son mutuamente funcionales.

La complementariedad entre autoconsumo y agricultura comercial se evidencia, también, en que son los sistemas más monetizados los que registran mayor valor del autoconsumo. Por ejemplo, el estrato semi-informal, donde la mano de obra familiar representa el 23% de la mano de obra total, registra el mayor valor de autoconsumo por año (\$537.468, frente a \$440.664 y \$471.944 de los estratos informal y formal, respectivamente, lo que representa el 60%, 49% y 53% de la canasta anual de alimentos rural según DANE (2012)).

Es importante mencionar que el autoconsumo permite estabilizar los ingresos de los hogares al disminuir el gasto en compra de alimentos, pero es un ingreso que, al depender de los regímenes de lluvias, tiene altos riesgos climáticos. Al representar en promedio poco más del 1% de los ingresos de las familias, suele ser subvalorado y su presencia tiende a disminuir, como se confirma al comparar con los datos de autoconsumo ya mencionados, reportados por Torres Guevara (2002) y con las observaciones de terreno de estos años donde se ha visto que las áreas de cultivos de autoconsumo han sido sistemáticamente remplazadas por cultivos dirigidos al mercado. Sin embargo, las vacas que suministran leche a las familias parecen tener un lugar asegurado dentro de los sistemas de producción familiares locales, bien sea por suministrar un alimento rico en proteínas o por constituirse en un ahorro vivo.

En Fómeque se ha visto que a medida en que los sistemas agrícolas requieren mayor capital y mayor mano de obra, la tenencia de la tierra pierde valor relativo, permitiendo la evolución de las instituciones de medianería y matizando las relaciones de poder que podía haber entre agricultor y propietario de la tierra; de hecho en los casos analizados la tierra puede ser propiedad del socio agricultor o del socio financiero. Es decir que los arreglos observados no corresponden a aparcerías.

La aparcería es una modalidad de producción agrícola en la cual el productor paga una parte proporcional de la cosecha al propietario de la tierra. En la economía clásica se considera a la aparcería como un sistema ineficiente, pues se la inscribe a una asignación precaria del trabajo, debido a que los apareceros son remunerados solamente con un porcentaje del fruto de su trabajo (Garrett & Xut, 2003; Posada, 1996). Sin embargo, algunos autores argumentan que este sistema ofrece ventajas para los involucrados, al incrementar los beneficios, motivar la productividad y compartir los riesgos, (Bejarano, 1998; Garrett & Xut, 2003; Newbery & Stiglitz, 1979; Stiglitz, 1989)²⁸ y según Forero Álvarez & Rudas (1983) permite la circulación de los factores de producción más allá de las limitaciones de cada uno de los involucrados. Este último parece ser el caso de los medianeros de Fómeque, pues no se encontró ninguna diferencia entre indicadores de eficiencia económica que pudieran explicarse por la tenencia de la tierra, lo que permite intuir una

²⁸ Una breve discusión sobre el tema puede encontrarse en la introducción de Gutiérrez-Malaxechebarría, (2011a).

repartición equitativa de los costos, mostrando que más que aparcerías existen casos especiales de medianerías.

En la visión propuesta por Chayanov (1974) se definen límites técnicos al nivel de producción, el tamaño de la familia es el que define la cantidad de bienes que se puede y debe producir. Los agricultores estudiados no tienen un comportamiento Chayanoviano, pues no limitan sus actividades a la oferta familiar de mano de obra, ni a su propia tierra; los orienta la posibilidad de obtener beneficios económicos y de acumular capital. Todo lo anterior favorece la circulación de los factores de producción.

La constante evolución de la agricultura familiar fomequeña ha permitido que en la actualidad coexistan y se complementen rasgos característicos de la cultura campesina y de agricultores empresariales. Entre estos destacamos la complementariedad entre agricultura comercial y de autoconsumo, entre monetización de la mano de obra y trabajo familiar y la evolución de las instituciones de acceso a los factores de producción en las que la propiedad de la tierra no impone arreglos inequitativos en la distribución de los beneficios entre los agentes. Es decir que ha habido procesos que permiten que en la actualidad se observe la presencia de un modelo que hemos llamado empresarización sin descampesinización.

Finalmente, debemos mencionar que si bien los resultados se obtuvieron para una realidad socio-ecosistémica y temporal particular, la metodología es replicable. Este trabajo abre puertas para comparar los resultados de distintos sistemas de producción agrícolas y las ventajas organizativas de diversos sistemas de riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, W. M. (1990). How beautiful is small? Scale, Control and Success in Kenyan Irrigation. *World Development*, 18(10), 1309–1323.
- Angeliaume-Descamps, A., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Modelos de irrigación dans les petites systemes maraicheres des Andes Venezueliennes et Colombiennes. En T. J. . ANGELIAUME-DESCAMPS A., CORRALES E., RAMIREZ J. (Ed.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 171–200). Paris: L'Harmattan.
- Angeliaume-Descamps, A., & Oballos, J. (2009). Le maraîchage intensif irrigué dans les hautes vallées andines vénézuéliennes : quelle remise en question ? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (247), 439–468.
- Arango Restrepo, M. (1994). El cambio técnico entre los campesinos colombianos. *Academia Colombiana de Ciencias Económicas*, 12, 9–15.
- Arango Restrepo, M., Mesa Ochoa, S., Rhenals Monterrosa, R., & Velásquez Botero, J. A. (1991). *Una nueva visión de la economía campesina colombiana* (1ra ed., p. 255). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Auroi, C., & Maurer, J. (1998). Tradition et modernisation des économies rurales : Asie-Afrique-Amérique latine. Mélanges en l'honneur de Gilbert Étienne. En J.-L. Chaléard & A. Dubresson (Eds.), *Villes et campagnes dans les pays du Sud. Géographie des relations*.
- Bayona R, N. M., & Muñoz P, G. (2009). Estudio de la actividad agrícola como base para la comprensión de la dinámica socioeconómica de una comunidad rural en Fómeque , Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 273–281.
- Bejarano, J. (1998). *Economía de la agricultura*. Bogotá: TM Editores.
- Burney, J. a., & Naylor, R. L. (2012). Smallholder Irrigation as a Poverty Alleviation Tool in Sub-Saharan Africa. *World Development*, 40(1), 110–123. doi:10.1016/j.worlddev.2011.05.007
- CEDE (UNIANDES)-IGAC-Universidad de Antioquia. (2012). *Atlas de la distribución de la Propiedad Rural en Colombia*.
- CERAMAC. (2003). *Crises et mutations des agricultures de montagne*. (CERAMAC, Ed.) *Colloque international en hommage au Professeur Christian Mignon*. (p. 704). Clermont Ferrand: Presses universitaires Blaise Pascal.
- Chambers, R. (1980). Basic concepts in the organization of irrigation. En E. J. Walter Coward (Ed.), *Irrigation and Agricultural Development in Asia: ...* (pp. 28–50). London: Cornell Univ Press. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=EcDRbOz32sYC&oi=fnd&pg=PA28&dq=Basic+Concepts+in+the+Organization+of+Irrigation&ots=NGgzdAjtEz&sig=MwXz-9URNbYOW3x6cnxDOybIBf8>
- Chaparro Valderrama, J. (2013). *Cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del lago de Tota*. Pontificia Universidad Javeriana.

- Chayanov, A. V. (1974). *La organización de la unidad económica campesina* (p. 227). Buenos Aires: Ediciones nueva visión.
- Corrales Roa, E., & Estévez Moreno, L. (2008). *Viabilidad económico y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles y convencionales en los países andinos. Propuesta de investigación*. Bogotá.
- DANE. (2012). Boletín de prensa. Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2011. Bogotá.
- David, M. B. D. E. A., Dirven, M., & Vogelgesang, F. (2000). The Impact of the New Economic Model on Latin America's Agriculture. *World Development*, 28(9), 1673–1688.
- Dayton-Johnson, J. (2003). Small-holders and Water Resources: A Review Essay on the Economics of Locally-managed Irrigation. *Oxford Development Studies*, 31(3), 315–339. doi:10.1080/1360081032000111724
- Dembélé, Y., Ouattara, S., & Keïta, A. (2001). Application des indicateurs “approvisionnement relatif en eau” et “productivité de l’eau” a l’analyse des performances des petits périmètres irrigués au Burkina Faso. *Irrigation and Drainage*, 50(4), 309–321. doi:10.1002/ird.21
- Drouilleau, F. (2010). Familles, patrons et voisins: la gestion de l’irrigation dans la vereda de Susa (Fómeque, andes colombiennes). En *VI Congress Ceisal “Independencia-Dependencia-Interdependencia.”* Toulouse, France: CEISAL.
- Dufumier, M. (2004). *Agricultures et paysanneries des tiers mondes* (p. 598). Paris: Karthala.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 369–386.
- Fals Borda, O. (1957). *El hombre y la tierra en Boyacá: bases sociológicas e históricas para una reforma agraria* (p. 259). Bogotá: Antares.
- FAO. (n.d.). FAO Statistical Databases (FAOSTAT). Retrieved from <http://faostat.fao.org/>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de Política*. (S. Salcedo & L. Guzmán, Eds.) (p. 497). Santiago de Chile: FAO.
- Forero Álvarez, J. (1999). *Economía y sociedad rural en los Andes colombianos* (1ra ed., p. 378). Bogotá, Colombia: JAVEGRAF.
- Forero Álvarez, J. (2010). *La adaptación de los agricultores familiares colombianos a las nuevas condiciones del mercado mundial del café*.
- Forero Álvarez, J., Corrales Roa, E., Estévez Moreno, L., Correa Pinilla, D. E., Galeano Medina, J., Villareal Fuentes, M., ... Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011). *Proyecto: Viabilidad económica y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles en los países andinos. SISPAND I*. (p. 251). Bogotá.

- Forero Álvarez, J., & Espeleta, S. (2010). *Propuesta de una metodología para estimación de los ingresos agropecuarios de los hogares rurales*. Bogotá.
- Forero Álvarez, J., Garay, L. J., Barberi, F., Ramírez, C., Suárez, D. M., & Gómez, R. (2013). La eficiencia económica de los grandes, medianos y pequeños productores agrícolas colombianos. En *Reflexiones sobre la ruralidad y el territorio en Colombia, problemáticas y retos actuales* (1ra ed., pp. 69–114). Bogotá, Colombia: OXFAM.
- Forero Álvarez, J., & Rudas, G. (1983). *Producción y comercialización de productos agrícolas* (p. 425). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Forero Álvarez, J., Torres Guevara, L. E., Lozano Ortiz de Zárate, P., Durana Rimgaila, C., Galarza Guzmán, J. A., & Corrales Roa, E. (2002a). El caso de Fómeque: una larga trayectoria de innovación para el mercado. En *Sistemas de producción rurales en la región Andina colombiana* (pp. 113–163). Bogotá: Colciencias.
- Forero Álvarez, J., Torres Guevara, L. E., Lozano Ortiz de Zárate, P., Durana Rimgaila, C., Galarza Guzmán, J. A., & Corrales Roa, E. (2002b). *Sistemas de producción rurales en la Región Andina colombiana* (p. 234). Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Garrett, M., & Xut, Z. (2003). The efficiency of sharecropping: evidence from the Postbellum South. *Southern Economic Journal*, 60(3), 578–595.
- Godoy, R., Morduch, J., & Bravo, D. (1998). Technological adoption in rural Cochabamba, Bolivia. *Journal of Anthropological Research*, 54(3), 351–372.
- Gorantiwar, S. D., & Smout, I. K. (2005). Performance assessment of irrigation water management of heterogeneous irrigation schemes: 1. A framework for evaluation. *Irrigation and Drainage Systems*, 19(1), 1–36. doi:10.1007/s10795-005-2970-9
- Granados, A., & Pimentel, H. (2000). *Sistemas de riego* (1ra ed., p. 186). Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011a). Nueva aparcería en la producción de arracacha (arracacia xanthorrhiza) en Cajamarca (Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(67), 205–228.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011b). Un agricultor en Fómeque, otro en el Armañac: grandes diferencias con muchos puntos en común. En *VII Seminario Internacional de Desarrollo Rural, Bogotá, 2011*.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation. *Mountain Research and Development*, 33(3), 260–268. doi:http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Formal and informal irrigation in the Andean countries. An overview. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)*, 11(74), 75–99. doi:10.11144/javeriana.CRD11-74.fiac

- Gutiérrez-Malaxechebarria, A., Prime, S., & Revillion, C. (2013). Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)*, 10(70), 93–114.
- Hammer, Ø. (2012). *Reference manual Paleontological statistics* (p. 229). Oslo. Retrieved from http://www.nhm2.uio.no/norlex/past/past_part1.pdf
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4), 9. doi:http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Haney, E. (1971). El dilema del minifundio en Colombia. *Dualismo*, 1(1), 143–156. Retrieved from <http://www.uv.mx/iieses/Publicaciones/Dualismo1/Revista/Dualismo1Vol1Num1Articulo5.pdf>
- Haubert, M. (1997). Sociétés paysannes et développement. En *Les paysages, l'État et le marché, sociétés paysannes et développement* (pp. 9–16). Paris: Publications de la Sorbonne.
- Haubert, M. (1999). *L'avenir des paysans. Les mutations des agricultures familiales dans les pays du sud*. Tiers monde.
- Hecht, S. S. (2010). The new rurality Globalization, peasants and the paradoxes of landscapes. *Land Use Policy*, 27(2), 161–169. doi:10.1016/j.landusepol.2009.08.010
- Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez. (2014). Fundador. *Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez*. Retrieved from <http://www.idemagfomeque.com/fundador7.htm>
- Jensen, M. E. (2007). Beyond irrigation efficiency. *Irrigation Science*, 25(3), 233–245. doi:10.1007/s00271-007-0060-5
- Kloezen, W. H. (1998). Measuring Land and Water Productivity in a Mexican Irrigation District. *Water Resources Development*, 14(2), 231–247.
- Kumar, K., Satyal, G. S., & Kandpal, K. D. (2006). Farmer and state managed hill irrigation systems in Kumaun Himalayas. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 5(1), 132–138.
- Lamarche, H. (1992). *L'agriculture Familiale. II-Du mythe à la réalité* (p. 303). Paris, France: L'Harmattan.
- Laoubi, K., & Yamao, M. (2009). A typology of irrigated farms as a tool for sustainable agricultural development in irrigation schemes: The case of the East Mitidja scheme, Algeria. *International Journal of Social Economics*, 36(8), 813–831. doi:10.1108/03068290910967091
- Le Roux, B., & Rouanet, H. (2004). *Geometric Data Analysis: From Correspondence Analysis to Structured Data Analysis*. Dordrecht: Kluwer.

- Llambí Insua, L. (1998). *La moderna finca familiar. Evolución de la pequeña producción capitalista en la agricultura venezolana entre 1945 y 1983* (p. 245). Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Malassis, L. (2004). *L'épopée inachavée des paysans du monde*. Paris: Editorial Fayad.
- Mellisau, C. (1998). *Mujeres, graneros y capitales. Economía doméstica y capitalismo* (2nd ed.). Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- Ministerio de desarrollo económico, D. de agua potable y saneamiento básico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000. 200.110.171.134*. Bogotá. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Reglamento+técnico+del+sector+de+agua+potable+y+saneamiento+básico#0>
- Molden, D., Sakthivadivel, R., Perry, C. J., & Fraiture, C. De. (1998). *Indicators for comparing performance of irrigated systems. Research report 20*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Nabahungu, N. L., & Visser, S. M. (2011). Contribution of wetland agriculture to farmers' livelihood in Rwanda. *Ecological Economics*, 71, 4–12. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.07.028
- Newbery, D. M. G., & Stiglitz, J. E. (1979). The theory of commodity price stabilization rules: welfare impacts and supply responses. *The Economic Journal*, 89(356), 799–817.
- Palerm-Viqueira, J. (2006). Self-Management of Irrigation Systems , a Typology : The Mexican Case. *Mexican Studies / Estudios Mexicanos*, 22(2), 361–385.
- Perrot, C., & Landais, E. (1994). Research into typological methods for farm analysis. The why and wherefore. En *Systems Studies in Agriculture and Rural Developmen* (pp. 373–81). Paris: INRA Press.
- Posada, G. (1996). El caso de la mediería en América Latina: formas capitalistas y no capitalistas de producción agrícola. *Ciclos*, 11, 189–212.
- Ramírez Juárez, J. (2008). Ruralidad y estrategias de reproducción campesina en el valle de Puebla, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 5(60), 37–60.
- Ramírez Juárez, J. (2014a). La mutation de l'agriculture familiale dans les hautes vallees de Puebla, Mexique la floriculture a San Juan Tetla. En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J. C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (pp. 13–31). Paris: L'Harmattan.
- Ramírez Juárez, J. (2014b). Les amelioration productives a l'appui de la resistance paysanne face a la pression urbaine a Tlaltenango (état de Puebla, Mexique). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales. Colombie, Mexique, Venezuela* (pp. 33–53). Bogotá: L'Harmattan.
- Ramírez Juárez, J., & Tulet, J.-C. (2014). Les amelioration productives a l'appui de la resistance paysanne face a la pression urbaine a Tlaltenango (état de Puebla, Mexique). En A.

- Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J. C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (pp. 33–53). Paris: L'Harmattan.
- Raymond, P. (1990). *El lago de Tota ahogado en cebolla. Estudio socioeconómico de la cuenca cebollera del lago de Tota* (p. 176). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Facultad de ciencias económicas y administrativas.
- Rojas H. Manual. (1986). *Manual de riego y drenaje. Investigaciones del ICA sobre requerimientos de agua por los cultivos* (1ra ed., p. 250). Bogotá: ICA.
- Servicio integral de asesoramiento al regante Castilla La Mancha. (n.d.). No Title. *Metodología de cálculo de la evaporación del cultivo*. Retrieved June 01, 2012, from <http://crea.uclm.es/siar/metodologia/evaporacion.php>
- Sheskin, D. J. (2003). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (3rd ed., p. 1193). Boca Raton, Florida, USA: Chapman and Hall.
- Stiglitz, J. E. (1989). Rational peasants, efficient institutions, and a theory of rural organisation: methodological remarks for development economics. En P. n: Bardhan (Ed.), *The economic theory of agrarian institutions*. Oxford: Oxford: Clarendon Press.
- Svendsen, M., & Small, L. E. (1990). Farmer's perspective on irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems*, 4, 385–402.
- Torres Guevara, L. E. (2002). Autoconsumo y reciprocidad entre los campesinos andinos : caso Fómeque. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 79–98.
- Trawick, P. B. (2001). Successfully Governing the Commons : Principles of Social Organization in an Andean Irrigation System. *Human Ecology*, 29(1).
- Tulet, J.-C., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Les “invernaderos” le nouveau moteur de la croissance agricole a Fomeque (Colombie). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales Roa, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 201–215). Paris: L'Harmattan.
- Turrall, H., Svendsen, M., & Faures, J. M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management*, 97, 551–560. doi:10.1016/j.agwat.2009.07.012
- Van der Ploeg, J. D. (2010). *Nuevos campesinos. Campesinos e imperio alimentarios* (1ra ed., p. 430). Barcelona: Icaria.
- Ward, J. H., J. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Wichelns, D. (1999). Economic Efficiency and Irrigation Water Policy with an Example from Egypt. *International Journal of Water Resources Development*, 15(4), 543–560.

- Yoder, R. (1994). *Locally managed irrigation systems: Essential tasks and implications for assistance, management transfer and turnover programs*. Colombo, (p. 97). Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute (IIMI).
- Zandstra, H., Swanberg, K., Barry, N., & Zulberti, C. (1979). *Cáqueza: experiencias en desarrollo rural* (p. 386). Bogotá: Centro de Investigaciones para el Desarrollo.
- Zimmerer, K. S. (2000). Rescaling irrigation in Latin America: the cultural images and political ecology of water resources. *Cultural Geographies*, 7(2), 150–175.
doi:10.1177/096746080000700202

CONCLUSIONES GENERALES

Se ha observado que la agricultura familiar vive un proceso de adaptación continuo basado en la innovación, en la estabilidad económica, en su capacidad de asimilar las ofertas tecnológicas y el cambio de las instituciones y de responder a las ofertas y demandas del mercado. Estos procesos se soportan en la capacidad interna de los sistemas de producción, y en la combinación de los ámbitos doméstico y monetario, es decir que las estrategias de autoconsumo y de uso de la mano de obra familiar son complementarias con la intermediación monetaria en la compra y venta de bienes y servicios. Encontramos que en el corazón de estos procesos de evolución están la intensificación y la agricultura irrigada (sin desconocer que también hay sectores de secano muy exitosos y estables como cacao, café y tabaco).

El uso del riego favorece la evolución de los sistemas productivos, aumenta la producción y mejora las condiciones de los agricultores. Si bien la agricultura irrigada se ha utilizado desde épocas ancestrales, su masificación ha sido reciente gracias a la incorporación masiva de los paquetes de la Revolución Verde y a la disminución de los costos de las tecnologías. Estos procesos fueron discutidos en el capítulo 1, en particular para la agricultura familiar irrigada de montaña, la cual fue contabilizada preliminarmente en Latinoamérica, y se estudió su desarrollo para el caso de los países andinos. Confirmamos la amplia presencia y vigor de la agricultura familiar irrigada de montaña.

La agricultura familiar irrigada en los Andes es el resultado de un largo proceso que, si bien en algunos casos inició en tiempos prehispánicos, ha adquirido sus características principales en las últimas décadas, particularmente desde los años 60 y 70, gracias a la ampliación de la demanda por hortalizas y frutas, cultivos que suelen requerir riego; en la misma época se amplió la oferta de mangueras plásticas caracterizadas por su adaptabilidad y bajos costos. Estos procesos fueron potenciados en las zonas de montaña, gracias al gradiente altitudinal que favorece un nicho climático y sanitario favorable para este tipo de cultivos, donde numerosos productores han incorporado o ampliado la agricultura de riego por sus propios medios, en sistemas de riego informal.

Este es el primer trabajo que estudia el riego informal en Colombia, busca visibilizarlo, contextualizarlo, ponderarlo y dimensionar su existencia, pasando de conjeturas preliminares a la concreción por datos sistemáticos, combinando información de terreno, cartográfica y de fuentes secundarias. Encontramos que el riego informal está ampliamente distribuido en los Andes, especialmente en las zonas donde los agricultores familiares desarrollan una agricultura intensiva con adopción a fondo de los paquetes de la Revolución Verde y donde tienen oportunidades reales de acceder de forma eficiente a los mercados. Como resultado del trabajo hemos podido establecer que el riego informal corresponde a *“sistemas de riego desarrollados directamente por los agricultores, sin cumplir con los requerimientos formales del estado y que no se encuentran reportados por las estadísticas nacionales. Los sistemas de riego informal pueden ser clasificados como sistemas individuales o colectivos; los sistemas de riego individuales son aquellos sistemas que un agricultor construye por sus propios medios, bajo una lógica en la que favorece solamente a su propio sistema de producción. Los sistemas colectivos, pueden ser subclasificados en asociativos o comunitarios: los sistemas asociativos se desarrollan para favorecer la producción privada ahorrando recursos mediante la asociación, mientras que los sistemas comunitarios se desarrollan bajo lógicas comunitarias que garantizan el acceso al agua como un derecho.”* (Gutiérrez-Malaxechebarría, 2013: 267)

Se ha considerado que el riego es detonante y resultado de la intensificación agrícola, por lo que en muchos casos, como en la zona de estudio, no es clara la causalidad entre masificación del riego y los excelentes resultados de la agricultura local.

Los sistemas de riego co-construyen comunidad. Surgen de las necesidades de las comunidades existentes, pero una vez en funcionamiento, el día a día de su operación, incluso los conflictos que pueden generarse, ayudan a consolidar dichos lazos. Aun si el origen de los sistemas de riego está en la presencia de conflictos, la búsqueda de soluciones da paso a la creación de instituciones que fortalecen a las comunidades.

El manejo del agua es fundamental para el conjunto de la actividad económica y combina la acción individual y la colectiva. La articulación a los mercados, así como el acceso al agua y su regulación se han logrado con la acción colectiva; mientras que el manejo del agua y la experticia con que se desarrollen otras prácticas al interior de los sistemas de producción son acciones individuales, que pueden ser transferidas construyendo conocimiento colectivo.

El acceso a los sistemas de irrigación pudo surgir como iniciativas privadas (propias de los agricultores) o como resultado de acciones estatales y más recientemente como programas impulsados por organizaciones no gubernamentales para mejorar las condiciones de los agricultores familiares de zonas empobrecidas. Esta diversidad de actores y de motivaciones ha dado pie a la coexistencia de multiplicidad de instituciones, lo cual ha generado grandes retos para la planeación y aprovechamiento de los recursos hídricos en armonía con los intereses y prioridades de los distintos actores involucrados, retos que rara vez han sido abordados con éxito.

Entre las particularidades observadas en la zona estudiada podemos destacar que, si bien en los sistemas formal y semi-formal existe una junta directiva elegida por la Asamblea conformada por la totalidad de los regantes, el sentido de pertenencia es mayor en el sistema semi-formal, mientras que en el sistema formal se tiene la idea de que el Distrito es más un proveedor de servicios que una construcción colectiva. Por su parte, en el sistema informal la institucionalidad se basa, principalmente, en arreglos entre vecinos y parientes. También existen notables diferencias en la infraestructura; en el sistema formal esta se encuentra muy bien concebida, mantenida y operada; en el semi-formal, la infraestructura es rudimentaria, con innumerables fugas de agua en el sistema y tramos de manguera expuestos a daños mecánicos; en el informal, aunque hay diferencias entre uno y otro arreglo, la infraestructura podría calificarse de precaria. Las particularidades de cada sistema hacen que el grado de conflicto por el acceso al agua sea mayor o menor; mientras que en el sistema de riego formal ningún usuario manifestó tener dificultades para acceder al agua, la totalidad de los usuarios del sistema semi-formal y el 66% de los del informal tenían dificultades y fueron clasificados en algún grado de conflicto.

Las ventajas relativas de uno u otro sistema de riego pueden depender de su capacidad para dinamizar la agricultura local, de la forma en que estos limiten los conflictos entre usuarios, y del uso eficiente del agua que promuevan. Entre los tres tipos de sistemas estudiados, formal, informal y semi-formal, no se encontraron diferencias en los excelentes indicadores económicos, lo que significa que ninguno de ellos impone limitaciones al desarrollo económico de los agricultores. Sin embargo, si se encontraron diferencias en la regulación de conflictos, lo que puede explicarse, principalmente, en la infraestructura física en que se soporta cada sistema, más que en su institucionalidad. Por su parte, la disponibilidad del agua, medida como suministro relativo de agua, parece depender más de las estrategias particulares de cada usuario que del tipo de sistema de riego.

Para el caso de estudio no se encontraron diferencias estadísticas en los indicadores económicos por la pertenencia a uno u otro sistema de riego, además el carácter formal, informal o semi-formal del sistema de riego que abastece a los sistemas de producción tampoco fue incluido dentro de los modelos de regresión lineal que explican y predicen el excedente familiar del sistema, lo que muestra que si existe un adecuado acceso a los factores de producción y en particular, que si no hay limitaciones en el acceso al agua, el tipo de sistema de riego no afectará los resultados económicos.

Los sistemas de producción estudiados, que difícilmente superan las tres hectáreas, materializan ejemplos de adaptación y apropiación tecnológica por parte de los productores familiares y, como ya se mencionó, evidencian excelentes indicadores de desempeño económico²⁹, entre ellos destacamos: la productividad del trabajo total de \$111,506, lo que representa 6,25 salarios mínimos diarios por día trabajado; rentabilidades anuales del orden del 179%; ingresos por área cultivada de \$20.581.725 por hectárea y año (3,20 salarios mínimos anuales); y excedentes familiares agrícolas promedio de \$36.149.878, lo que representa 5,62 salarios mínimos anuales para satisfacer las necesidades de las familias.

Los buenos resultados deben verse y analizarse a la luz de la zona de estudio seleccionada. El municipio de Fómez ha conocido un exitoso proceso de adopción de tecnología y de estrategias de articulación a los mercados. La transformación de la zona ha sido posible gracias al dinamismo de los productores; a la cercanía a centros de consumo y a la facilidad para acceder a ellos ofrecida por una densa red vial interna; al temprano establecimiento de redes de comercialización; al clima propicio para el cultivo de hortalizas, y a una sociedad rural largamente adaptada a la producción agrícola.

Fómez se encuentra entre otros numerosos ejemplos referidos en la literatura revisada que muestran la no excepcionalidad del éxito de la agricultura familiar. Los procesos vividos por amplios sectores de productores familiares han llevado a que se observe, claramente, la evolución de la agricultura familiar hacia fenómenos que podrían llamarse de empresarización sin descampesinización. Los resultados de su transformación se evidencian para Aquitania, Boyacá (Chaparro Valderrama, 2013; Raymond, 1990) y para varias zonas geográficas de Colombia (Arango Restrepo et al., 1991). Además, las descripciones y evidencias mostradas por otros autores dejan claro que en muchas otras zonas de altitud en América Latina se observan procesos semejantes; por ejemplo, los valles de Puebla, México (Ramírez Juárez & Tulet, 2014; Ramírez Juárez, 2008, 2014a); los valles mesotérmicos de Cochabamba, Bolivia (Forero Álvarez et al., 2011; Godoy, Morduch, & Bravo, 1998; Zimmerer, 2000); y Mérida, Venezuela (Angeliaume-Descamps & Oballos, 2009).

La evolución de la agricultura familiar ha dado lugar a un modelo de producción que hemos llamado empresarización sin descampesinización, el que se evidencia en la amplia monetización, tanto de su producción, como de sus compras y en el creciente peso de la mano de obra contratada sobre los jornales totales (56,9%, en promedio, para el caso de estudio); en el cambio técnico evidenciado en la adopción a fondo del uso de agroinsumos químicos y en la fuerte apropiación de tecnologías especializadas, como el riego por goteo en nuestro caso; en la fuerte integración a los mercados; en la valorización de los factores y en la orientación a aumentar los ingresos netos; además de la masiva presencia de medianerías que buscan favorecer el acceso a los medios de producción, en las que no se observan relaciones de subordinación a favor del propietario de la tierra; además se observa la persistencia del autoconsumo, del uso del trabajo familiar, de fuertes lazos comunitarios y de la connotación de la tierra como patrimonio cultural.

²⁹ Valores promedio, los valores discriminados para las clasificaciones hechas se encuentran en el capítulo 2.

Con los buenos resultados económicos encontrados en la zona no pretendemos desconocer que existen muchísimos productores familiares empobrecidos. Lo que revelan los indicadores calculados es que si se dan condiciones relativamente aceptables, la agricultura familiar puede ser motor de una sólida economía rural

Gracias a la evolución de los sistemas de producción agrícolas familiares se ha mejorado la capacidad de generación de ingresos de las familias de los agricultores y por esta vía su calidad de vida. No obstante, el éxito alcanzado puede verse comprometido por el uso incontrolado o inconsciente de los paquetes de intensificación vía revolución verde que pueden estar generando impactos ambientales negativos, por la saturación de los mercados, por el acrecentamiento de los conflictos entre usuarios del agua, por la dependencia de las casas comerciales y de las multinacionales de semillas y agroquímicos, e incluso por el insuficiente conocimiento de las tecnologías. Sin embargo, se esperaría que, haciendo uso de la altísima capacidad de adaptación demostrada, se incluyan nuevas prácticas que permitan la permanencia y reproducción de los sistemas agrícolas familiares e incluso superar el éxito ya logrado.

Este trabajo abre puertas para comparar los resultados de distintos sistemas de producción agrícolas y las ventajas organizativas de diversos sistemas de riego, abre el camino para estudiar la eficiencia en el manejo del agua y para interrelacionar variables económicas, sociales y ambientales. La metodología utilizada combinó elementos cualitativos, cuantitativos y consideró la organización institucional en el acceso al agua. Esperamos que este enfoque sea replicado en futuras investigaciones y que los procesos y resultados aquí presentados se conviertan en herramientas para la toma de decisiones.

REFLEXIONES Y RECOMENDACIONES

Este trabajo demuestra la capacidad productiva y económica de los productores familiares e invita a organizaciones no gubernamentales, a entidades estatales y privadas, a comprender este potencial para apoyarlos en sus proyectos productivos y así impulsar el bienestar social y económico. Los productores son capaces de mejorar sus condiciones de vida, pero para ello, necesitan acceso real y oportuno a los medios de producción, es decir que las políticas sectoriales deben favorecer sus emprendimientos a mediano y largo plazo, más que generar auxilios o subsidios aislados.

Si bien los sistemas de riego estudiados son autoconformados, basados en los hallazgos podríamos sugerir que un sistema de riego ideal, independientemente de su localización geográfica, debería combinar las eficiencias hidráulicas y de limitar los conflictos de un sistema formal con la fortaleza social y flexibilidad de los sistemas informales y semi-formales. Esto es, sistemas que busquen la equidad al satisfacer las necesidades de todos los agricultores y disminuyan los conflictos; deben soportarse en el profundo conocimiento de la realidad socio-cultural, agrícola y ecosistémica de cada zona, respondiendo a las necesidades sentidas y profundamente estudiadas; soportados en una fuerte apropiación comunitaria que fortalezca las estructuras sociales y potencialice la producción; además deben estar basados en diseños y criterios de operación ingenieriles, con infraestructura flexible, durable y resistente a cambios drásticos en caudales, o a las condiciones del terreno y que minimicen las pérdidas de agua.

Considerando el contexto de agricultores familiares exitosos en que se desarrolló la investigación, sugerimos, que con el fin de lograr un mayor acercamiento a una visión global de la realidad, en futuras investigaciones se profundice el tema abordando también a productores menos exitosos con limitaciones en el acceso a los factores de producción.

El estudio de los sistemas de producción y de los sistemas irrigados combina elementos sociales, económicos y ecosistémicos, además de la interacción de múltiples instituciones. Sin embargo, tradicionalmente, no siempre, se abordan estos elementos de forma aislada, sugerimos que futuros estudios continúen integrando los diversos elementos con el fin de lograr una mayor comprensión y poder hacer sugerencias que permitan mejorar, de forma efectiva y sostenible, las condiciones de los productores.

Finalmente, consideramos que el acceso al agua y a la tierra debe estar garantizado para beneficio de los agricultores familiares, para favorecer un manejo amigable con el medio ambiente y para estimular la prosperidad rural y nacional. El acceso a estos recursos facilita el acceso al crédito, el apoyo del estado y la realización de sus propios planes a largo plazo, a la vez que generan dinámicas de apropiación social del entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, W. M. (1990). How beautiful is small? Scale, Control and Success in Kenyan Irrigation. *World Development*, 18(10), 1309–1323.
- Angeliaume-Descamps, A., & Gutiérrez-Malaxechebarria, A. (2014). Modeles de'irrigation dans les petites systemes maraicheres des Andes Venezueliennes et Colombiennes. En T. J. . ANGELIAUME-DESCAMPS A., CORRALES E., RAMIREZ J. (Ed.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 171–200). Paris: L'Harmattan.
- Angeliaume-Descamps, A., & Oballos, J. (2009). Le maraîchage intensif irrigué dans les hautes vallées andines vénézuéliennes : quelle remise en question ? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (247), 439–468.
- Arango Restrepo, M. (1994). El cambio técnico entre los campesinos colombianos. *Academia Colombiana de Ciencias Económicas*, 12, 9–15.
- Arango Restrepo, M., Mesa Ochoa, S., Rhenals Monterrosa, R., & Velásquez Botero, J. A. (1991). *Una nueva visión de la economía campesina colombiana* (1ra ed., p. 255). Medellín: Universidad de Antioquia.
- Auroi, C., & Maurer, J. (1998). Tradition et modernisation des économies rurales : Asie-Afrique-Amérique latine. Mélanges en l'honneur de Gilbert Étienne. En J.-L. Chaléard & A. Dubresson (Eds.), *Villes et campagnes dans les pays du Sud. Géographie des relations*.
- Bayona R, N. M., & Muñoz P, G. (2009). Estudio de la actividad agrícola como base para la comprensión de la dinámica socioeconómica de una comunidad rural en Fómeque , Cundinamarca. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 273–281.
- Bejarano, J. (1998). *Economía de la agricultura*. Bogotá: TM Editores.
- Burney, J. a., & Naylor, R. L. (2012). Smallholder Irrigation as a Poverty Alleviation Tool in Sub-Saharan Africa. *World Development*, 40(1), 110–123. doi:10.1016/j.worlddev.2011.05.007
- CEDE (UNIANDES)-IGAC-Universidad de Antioquia. (2012). *Atlas de la distribución de la Propiedad Rural en Colombia*.
- CERAMAC. (2003). *Crises et mutations des agricultures de montagne*. (CERAMAC, Ed.) *Colloque international en hommage au Professeur Christian Mignon*. (p. 704). Clermont Ferrand: Presses universitaires Blaise Pascal.
- Chambers, R. (1980). Basic concepts in the organization of irrigation. En E. J. Walter Coward (Ed.), *Irrigation and Agricultural Development in Asia: ...* (pp. 28–50). London: Cornell Univ Press. Retrieved from <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=EcDRbOz32sYC&oi=fnd&pg=PA28&dq=Basic+Concepts+in+the+Organization+of+Irrigation&ots=NGgzdAjtEz&sig=MwXz-9URNbYOW3x6cnxDOybIBf8>
- Chaparro Valderrama, J. (2013). *Cambios institucionales para preservar la cantidad y la calidad del agua en la cuenca del lago de Tota*. Pontificia Universidad Javeriana.

- Chayanov, A. V. (1974). *La organización de la unidad económica campesina* (p. 227). Buenos Aires: Ediciones nueva visión.
- Corrales Roa, E., & Estévez Moreno, L. (2008). *Viabilidad económico y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles y convencionales en los países andinos. Propuesta de investigación*. Bogotá.
- DANE. (2012). Boletín de prensa. Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2011. Bogotá.
- David, M. B. D. E. A., Dirven, M., & Vogelgesang, F. (2000). The Impact of the New Economic Model on Latin America's Agriculture. *World Development*, 28(9), 1673–1688.
- Dayton-Johnson, J. (2003). Small-holders and Water Resources: A Review Essay on the Economics of Locally-managed Irrigation. *Oxford Development Studies*, 31(3), 315–339. doi:10.1080/1360081032000111724
- Dembélé, Y., Ouattara, S., & Keïta, A. (2001). Application des indicateurs “approvisionnement relatif en eau” et “productivité de l’eau” a l’analyse des performances des petits périmètres irrigués au Burkina Faso. *Irrigation and Drainage*, 50(4), 309–321. doi:10.1002/ird.21
- Drouilleau, F. (2010). Familles, patrons et voisins: la gestion de l’irrigation dans la vereda de Susa (Fómeque, andes colombiennes). En *VI Congress Ceisal “Independencia-Dependencia-Interdependencia.”* Toulouse, France: CEISAL.
- Dufumier, M. (2004). *Agricultures et paysanneries des tiers mondes* (p. 598). Paris: Karthala.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural land use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114, 369–386.
- Fals Borda, O. (1957). *El hombre y la tierra en Boyacá: bases sociológicas e históricas para una reforma agraria* (p. 259). Bogotá: Antares.
- FAO. (n.d.). FAO Statistical Databases (FAOSTAT). Retrieved from <http://faostat.fao.org/>
- FAO. (2014). *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Recomendaciones de Política*. (S. Salcedo & L. Guzmán, Eds.) (p. 497). Santiago de Chile: FAO.
- Forero Álvarez, J. (1999). *Economía y sociedad rural en los Andes colombianos* (1ra ed., p. 378). Bogotá, Colombia: JAVEGRAF.
- Forero Álvarez, J. (2010). *La adaptación de los agricultores familiares colombianos a las nuevas condiciones del mercado mundial del café*.
- Forero Álvarez, J., Corrales Roa, E., Estévez Moreno, L., Correa Pinilla, D. E., Galeano Medina, J., Villareal Fuentes, M., ... Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011). *Proyecto: Viabilidad económica y ambiental de sistemas de producción familiares agropecuarios sostenibles en los países andinos. SISPAND I*. (p. 251). Bogotá.

- Forero Álvarez, J., & Espeleta, S. (2010). *Propuesta de una metodología para estimación de los ingresos agropecuarios de los hogares rurales*. Bogotá.
- Forero Álvarez, J., Garay, L. J., Barberi, F., Ramírez, C., Suárez, D. M., & Gómez, R. (2013). La eficiencia económica de los grandes, medianos y pequeños productores agrícolas colombianos. En *Reflexiones sobre la ruralidad y el territorio en Colombia, problemáticas y retos actuales* (1ra ed., pp. 69–114). Bogotá, Colombia: OXFAM.
- Forero Álvarez, J., & Rudas, G. (1983). *Producción y comercialización de productos agrícolas* (p. 425). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Forero Álvarez, J., Torres Guevara, L. E., Lozano Ortiz de Zárate, P., Durana Rimgaila, C., Galarza Guzmán, J. A., & Corrales Roa, E. (2002a). El caso de Fómeque: una larga trayectoria de innovación para el mercado. En *Sistemas de producción rurales en la región Andina colombiana* (pp. 113–163). Bogotá: Colciencias.
- Forero Álvarez, J., Torres Guevara, L. E., Lozano Ortiz de Zárate, P., Durana Rimgaila, C., Galarza Guzmán, J. A., & Corrales Roa, E. (2002b). *Sistemas de producción rurales en la Región Andina colombiana* (p. 234). Bogotá, Colombia: Colciencias.
- Garrett, M., & Xut, Z. (2003). The efficiency of sharecropping: evidence from the Postbellum South. *Southern Economic Journal*, 60(3), 578–595.
- Godoy, R., Morduch, J., & Bravo, D. (1998). Technological adoption in rural Cochabamba, Bolivia. *Journal of Anthropological Research*, 54(3), 351–372.
- Gorantiwar, S. D., & Smout, I. K. (2005). Performance assessment of irrigation water management of heterogeneous irrigation schemes: 1. A framework for evaluation. *Irrigation and Drainage Systems*, 19(1), 1–36. doi:10.1007/s10795-005-2970-9
- Granados, A., & Pimentel, H. (2000). *Sistemas de riego* (1ra ed., p. 186). Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011a). Nueva aparcería en la producción de arracacha (arracacia xanthorrhiza) en Cajamarca (Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(67), 205–228.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2011b). Un agricultor en Fómeque, otro en el Armañac: grandes diferencias con muchos puntos en común. En *VII Seminario Internacional de Desarrollo Rural, Bogotá, 2011*.
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation. *Mountain Research and Development*, 33(3), 260–268. doi:http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1
- Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Formal and informal irrigation in the Andean countries. An overview. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)*, 11(74), 75–99. doi:10.11144/javeriana.CRD11-74.fiac

- Gutiérrez-Malaxechebarria, A., Prime, S., & Revillion, C. (2013). Irrigated Family Farming Panorama in the Latin-American Highlands. *Cuadernos de Desarrollo Rural (International Journal of Rural Development)*, 10(70), 93–114.
- Hammer, Ø. (2012). *Reference manual Paleontological statistics* (p. 229). Oslo. Retrieved from http://www.nhm2.uio.no/norlex/past/past_part1.pdf
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(4), 9. doi:http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Haney, E. (1971). El dilema del minifundio en Colombia. *Dualismo*, 1(1), 143–156. Retrieved from <http://www.uv.mx/iieses/Publicaciones/Dualismo1/Revista/Dualismo1Vol1Num1Articulo5.pdf>
- Haubert, M. (1997). Sociétés paysannes et développement. En *Les paysages, l'État et le marché, sociétés paysannes et développement* (pp. 9–16). Paris: Publications de la Sorbonne.
- Haubert, M. (1999). *L'avenir des paysans. Les mutations des agricultures familiales dans les pays du sud*. Tiers monde.
- Hecht, S. S. (2010). The new rurality Globalization, peasants and the paradoxes of landscapes. *Land Use Policy*, 27(2), 161–169. doi:10.1016/j.landusepol.2009.08.010
- Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez. (2014). Fundador. *Institución educativa departamental Monseñor Agustín Gutiérrez*. Retrieved from <http://www.idemagfomeque.com/fundador7.htm>
- Jensen, M. E. (2007). Beyond irrigation efficiency. *Irrigation Science*, 25(3), 233–245. doi:10.1007/s00271-007-0060-5
- Kloezen, W. H. (1998). Measuring Land and Water Productivity in a Mexican Irrigation District. *Water Resources Development*, 14(2), 231–247.
- Kumar, K., Satyal, G. S., & Kandpal, K. D. (2006). Farmer and state managed hill irrigation systems in Kumaun Himalayas. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 5(1), 132–138.
- Lamarche, H. (1992). *L'agriculture Familiale. II-Du mythe à la réalité* (p. 303). Paris, France: L'Harmattan.
- Laoubi, K., & Yamao, M. (2009). A typology of irrigated farms as a tool for sustainable agricultural development in irrigation schemes: The case of the East Mitidja scheme, Algeria. *International Journal of Social Economics*, 36(8), 813–831. doi:10.1108/03068290910967091
- Le Roux, B., & Rouanet, H. (2004). *Geometric Data Analysis: From Correspondence Analysis to Structured Data Analysis*. Dordrecht: Kluwer.

- Llambí Insua, L. (1998). *La moderna finca familiar. Evolución de la pequeña producción capitalista en la agricultura venezolana entre 1945 y 1983* (p. 245). Caracas, Venezuela: Universidad Central de Venezuela.
- Malassis, L. (2004). *L'épopée inachavée des paysans du monde*. Paris: Editorial Fayad.
- Mellisau, C. (1998). *Mujeres, graneros y capitales. Economía doméstica y capitalismo* (2nd ed.). Madrid: Siglo Veintiuno Editores.
- Ministerio de desarrollo económico, D. de agua potable y saneamiento básico. (2000). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-2000. 200.110.171.134*. Bogotá. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Reglamento+técnico+del+sector+de+agua+potable+y+saneamiento+básico#0>
- Molden, D., Sakthivadivel, R., Perry, C. J., & Fraiture, C. De. (1998). *Indicators for comparing performance of irrigated systems. Research report 20*. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute.
- Nabahungu, N. L., & Visser, S. M. (2011). Contribution of wetland agriculture to farmers' livelihood in Rwanda. *Ecological Economics*, 71, 4–12. doi:10.1016/j.ecolecon.2011.07.028
- Newbery, D. M. G., & Stiglitz, J. E. (1979). The theory of commodity price stabilization rules: welfare impacts and supply responses. *The Economic Journal*, 89(356), 799–817.
- Palerm-Viqueira, J. (2006). Self-Management of Irrigation Systems , a Typology : The Mexican Case. *Mexican Studies / Estudios Mexicanos*, 22(2), 361–385.
- Perrot, C., & Landais, E. (1994). Research into typological methods for farm analysis. The why and wherefore. In *Systems Studies in Agriculture and Rural Developmen* (pp. 373–81). Paris: INRA Press.
- Posada, G. (1996). El caso de la mediería en América Latina: formas capitalistas y no capitalistas de producción agrícola. *Ciclos*, 11, 189–212.
- Ramírez Juárez, J. (2008). Ruralidad y estrategias de reproducción campesina en el valle de Puebla, México. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 5(60), 37–60.
- Ramírez Juárez, J. (2014a). La mutation de l'agriculture familiale dans les hautes vallees de Puebla, Mexique la floriculture a San Juan Tetla. En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J. C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (pp. 13–31). Paris: L'Harmattan.
- Ramírez Juárez, J. (2014b). Les amelioration productives a l'appui de la resistance paysanne face a la pression urbaine a Tlaltenango (état de Puebla, Mexique). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales. Colombie, Mexique, Venezuela* (pp. 33–53). Bogotá: L'Harmattan.
- Ramírez Juárez, J., & Tulet, J.-C. (2014). Les amelioration productives a l'appui de la resistance paysanne face a la pression urbaine a Tlaltenango (état de Puebla, Mexique). En A.

- Angeliaume-Descamps, E. Corrales, J. Ramírez, & J. C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (pp. 33–53). Paris: L'Harmattan.
- Raymond, P. (1990). *El lago de Tota ahogado en cebolla. Estudio socioeconómico de la cuenca cebollera del lago de Tota* (p. 176). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Facultad de ciencias económicas y administrativas.
- Rojas H. Manual. (1986). *Manual de riego y drenaje. Investigaciones del ICA sobre requerimientos de agua por los cultivos* (1ra ed., p. 250). Bogotá: ICA.
- Servicio integral de asesoramiento al regante Castilla La Mancha. (n.d.). No Title. *Metodología de cálculo de la evaporación del cultivo*. Retrieved June 01, 2012, from <http://crea.uclm.es/siar/metodologia/evaporacion.php>
- Sheskin, D. J. (2003). *Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures* (3rd ed., p. 1193). Boca Raton, Florida, USA: Chapman and Hall.
- Stiglitz, J. E. (1989). Rational peasants, efficient institutions, and a theory of rural organisation: methodological remarks for development economics. En P. n: Bardhan (Ed.), *The economic theory of agrarian institutions*. Oxford: Oxford: Clarendon Press.
- Svendsen, M., & Small, L. E. (1990). Farmer's perspective on irrigation performance. *Irrigation and Drainage Systems*, 4, 385–402.
- Torres Guevara, L. E. (2002). Autoconsumo y reciprocidad entre los campesinos andinos : caso Fómez. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (48), 79–98.
- Trawick, P. B. (2001). Successfully Governing the Commons : Principles of Social Organization in an Andean Irrigation System. *Human Ecology*, 29(1).
- Tulet, J.-C., & Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2014). Les “invernaderos” le nouveau moteur de la croissance agricole a Fomeque (Colombie). En A. Angeliaume-Descamps, E. Corrales Roa, J. Ramírez, & J.-C. Tulet (Eds.), *La petite agriculture familiale des hautes terres tropicales* (1ra ed., pp. 201–215). Paris: L'Harmattan.
- Turrall, H., Svendsen, M., & Faures, J. M. (2010). Investing in irrigation: Reviewing the past and looking to the future. *Agricultural Water Management*, 97, 551–560.
doi:10.1016/j.agwat.2009.07.012
- Van der Ploeg, J. D. (2010). *Nuevos campesinos. Campesinos e imperio alimentarios* (1ra ed., p. 430). Barcelona: Icaria.
- Ward, J. H., J. (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Wichelns, D. (1999). Economic Efficiency and Irrigation Water Policy with an Example from Egypt. *International Journal of Water Resources Development*, 15(4), 543–560.

- Yoder, R. (1994). *Locally managed irrigation systems: Essential tasks and implications for assistance, management transfer and turnover programs*. Colombo, (p. 97). Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute (IIMI).
- Zandstra, H., Swanberg, K., Barry, N., & Zulberti, C. (1979). *Cáqueza: experiencias en desarrollo rural* (p. 386). Bogotá: Centro de Investigaciones para el Desarrollo.
- Zimmerer, K. S. (2000). Rescaling irrigation in Latin America: the cultural images and political ecology of water resources. *Cultural Geographies*, 7(2), 150–175.
doi:10.1177/096746080000700202

ANEXOS

ANEXO 1. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 1

FORMULARIO PARA RECOLECCIÓN DE EXPERIENCIAS DE RIEGO INFORMAL

Utilizado en Gutiérrez-Malaxechebarría, A. (2013). Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation. Mountain Research and Development, 33(3), 260–268. doi:<http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-12-00116.1>



RIEGO INFORMAL EN LADERA

Instrumento de recolección de información de expertos

Departamento: _____

Experiencia No.:

N.1 Nombre del contacto: _____

N.2 Organización a la que pertenece: _____

N.3 Teléfonos: _____

N.4 Fecha de la entrevista:

AAAA: MM: DD:

N.5 Correo(s) electrónicos(s): _____

CAPÍTULO 1. INFORMACIÓN DE LA EXPERIENCIA

INFORMACIÓN GENERAL (Productor(es))

1.1 Municipio/ Provincia/ Región _____

1.2 Cuenca _____

1.3 Microcuenca _____

1.4 Tipo de actor

- ☐ 1 Independientes
☐ 2 Individuales
☐ 3 Indep. y asociados
☐ 4 Asociados

Nombre: _____
☐ 6 SD _____

1.5 Número de producto

Exacto Aprox
→
→
→
→

1.6 Tipo de productores (múltiple)

- ☐ 1 Campesino
☐ 2 Indígena
☐ 3 Empresarial
☐ 4 Otro: _____
☐ 5 SD

1.7 Tenencia de la tierra (múltiple)

- ☐ 1 Propia
☐ 2 Alquiler
☐ 3 Aparcería
☐ 4 Comunal
☐ 5 Otro: _____

1.8 Área de las fincas

Área promedio: _____
Área máxima: _____
Área mínima: _____
Área anual cultivada promedio: _____
Área anual cultivada máxima: _____
Área anual cultivada mínima: _____
Área anual promedio en pastos: _____
Área anual máxima en pastos: _____
Área anual mínima en pastos: _____

1.9 Cultivos que NO se riegan en la zona

☐ 1 _____
☐ 2 _____
☐ 3 _____
☐ 4 _____
☐ 5 _____
☐ 6 _____
☐ 7 _____

1.10 Cultivos que se riegan en la zona

Porcentaje irrigado

☐ 1 _____
☐ 2 _____
☐ 3 _____
☐ 4 _____
☐ 5 _____
☐ 6 _____
☐ 7 _____

1.11 Área regada

Relación área regada vs área cultivada: _____ %
Relación área regada vs área total: _____ %

1.12 ¿Cuántas son las hectáreas con riego informal en la zona?

1.13 ¿Qué otras zonas cultivadas con riego informal conoce y cuáles son los contactos?

CAPÍTULO 2. INFORMACIÓN DE ARREGLO IRRIGADO

2.1 Producto(s) y número de productores Arreglo 1: _____ Área dedicada al cultivo en la región: _____ Rendimiento (Ton/Ha) _____ No. productores: _____	2.2 información del arreglo <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Cultivo limpio</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Asociación</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Intercalado</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Relevo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Otro: _____</td> </tr> </table> Periodo de descanso entre cultivos: _____	1	Cultivo limpio	2	Asociación	3	Intercalado	4	Relevo	5	Otro: _____	2.2.1 Información de los arreglos <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">Orden de cultivos</th> <th style="width: 10%;">Semana de siembra</th> <th style="width: 10%;">Fecha</th> <th style="width: 10%;">Semana de Cosecha</th> <th style="width: 10%;">Periodicidad del riego (días)</th> </tr> <tr> <td>_____</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td>_____</td> <td>_____</td> <td>_____</td> </tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> <tr><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td><td>_____</td></tr> </table>	Orden de cultivos	Semana de siembra	Fecha	Semana de Cosecha	Periodicidad del riego (días)	_____	0	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
1	Cultivo limpio																																																			
2	Asociación																																																			
3	Intercalado																																																			
4	Relevo																																																			
5	Otro: _____																																																			
Orden de cultivos	Semana de siembra	Fecha	Semana de Cosecha	Periodicidad del riego (días)																																																
_____	0	_____	_____	_____																																																
_____	_____	_____	_____	_____																																																
_____	_____	_____	_____	_____																																																
_____	_____	_____	_____	_____																																																
_____	_____	_____	_____	_____																																																
_____	_____	_____	_____	_____																																																
_____	_____	_____	_____	_____																																																

2.3 Canales de comercialización PRODUCTO 1

Agentes comercializadores	Sitios donde vende el productor	Destinos finales	Venta como diferenciado gracias al uso de riego	%
a. _____	_____	_____	_____	_____
b. _____	_____	_____	_____	_____
c. _____	_____	_____	_____	_____
d. _____	_____	_____	_____	_____
e. _____	_____	_____	_____	_____
f. _____	_____	_____	_____	_____
g. _____	_____	_____	_____	_____
h. _____	_____	_____	_____	_____
i. _____	_____	_____	_____	_____
j. _____	_____	_____	_____	_____

2.4 Organización del riego (múltiple) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Individual</td> <td rowspan="3" style="width: 10%; text-align: center; vertical-align: middle;">Porcentaje</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Distrito de riego</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Colectivo</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> </table> Si es colectivo, de cuantos productores? _____ 4 Otro: _____	1	Individual	Porcentaje	_____	2	Distrito de riego	_____	3	Colectivo	_____	2.5 Tecnología de riego (múltiple) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Aspersores</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Manual con manguera</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Por zanjas</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Goteo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Otro: _____</td> </tr> </table>	1	Aspersores	2	Manual con manguera	3	Por zanjas	4	Goteo	5	Otro: _____	2.6 Transporte del agua (múltiple) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Manguera</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Zanja</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Otro: _____</td> </tr> </table>	1	Manguera	2	Zanja	3	Otro: _____
1	Individual	Porcentaje		_____																								
2	Distrito de riego			_____																								
3	Colectivo		_____																									
1	Aspersores																											
2	Manual con manguera																											
3	Por zanjas																											
4	Goteo																											
5	Otro: _____																											
1	Manguera																											
2	Zanja																											
3	Otro: _____																											

2.7 Conflictos por uso del agua (múltiple) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Existen fincas que se quedan sin agua</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Contaminación de agua por usuarios aguas arriba</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Destrucción de ecosistemas → Cuáles: _____</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Fuente dispuesta para otro uso: _____</td> </tr> </table> Otro: _____	1	Existen fincas que se quedan sin agua	2	Contaminación de agua por usuarios aguas arriba	3	Destrucción de ecosistemas → Cuáles: _____	4	Fuente dispuesta para otro uso: _____	2.8 Accesos al agua (múltiple) <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Pago de tasa de uso a autoridad ambiental</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Permiso de vecino sin pagar</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Permiso de vecino pagando</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Captación de quebrada o río en su propiedad</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td>Nacimiento en su propiedad</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6</td> <td>Acueducto veredal/municipal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">7</td> <td>Otro: _____</td> </tr> </table>	1	Pago de tasa de uso a autoridad ambiental	2	Permiso de vecino sin pagar	3	Permiso de vecino pagando	4	Captación de quebrada o río en su propiedad	5	Nacimiento en su propiedad	6	Acueducto veredal/municipal	7	Otro: _____
1	Existen fincas que se quedan sin agua																						
2	Contaminación de agua por usuarios aguas arriba																						
3	Destrucción de ecosistemas → Cuáles: _____																						
4	Fuente dispuesta para otro uso: _____																						
1	Pago de tasa de uso a autoridad ambiental																						
2	Permiso de vecino sin pagar																						
3	Permiso de vecino pagando																						
4	Captación de quebrada o río en su propiedad																						
5	Nacimiento en su propiedad																						
6	Acueducto veredal/municipal																						
7	Otro: _____																						

2.9 Los usuarios protegen los cuerpos de agua? <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Si → Qué porcentaje: _____</td> </tr> </table> Si Protegen los cuerpos de agua ¿Porqué lo hacen? <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Voluntad propia</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Obligación autoridad ambiental</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Otro: _____</td> </tr> </table>	1	No	2	Si → Qué porcentaje: _____	1	Voluntad propia	2	Obligación autoridad ambiental	3	Otro: _____	2.10 Acuerdos de uso Existen acuerdos de uso <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Si</td> </tr> </table> Si existen acuerdos de uso, cuáles <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">1</td> <td>Horarios</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Cantidad máxima por usuario</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Restricción en cultivos</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Otro: _____</td> </tr> </table>	1	No	2	Si	1	Horarios	2	Cantidad máxima por usuario	3	Restricción en cultivos	4	Otro: _____
1	No																						
2	Si → Qué porcentaje: _____																						
1	Voluntad propia																						
2	Obligación autoridad ambiental																						
3	Otro: _____																						
1	No																						
2	Si																						
1	Horarios																						
2	Cantidad máxima por usuario																						
3	Restricción en cultivos																						
4	Otro: _____																						

2.11 Observaciones:

CAPÍTULO N. INFORMACIÓN GENERAL

N.1 Observaciones:

N.1 Nombre de quien levantó la información: _____

N.2 Organización a la que pertenece: _____

N.3 Teléfonos: _____

N.4 Fecha de la entrevista:

AAAA: MM: DD:

N.5 Correo(s) electrónicos(s): _____

ANEXO 2. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 2

FORMATO DE EMPADRONAMIENTO

Instrumento de recolección de información

Censo No. Fecha: Nombre de quien toma la información:

1.1 Municipio

1.2 Vereda

1.3 Sector

1.4 Nombre de la finca

1.5 Nombre del teneedor/jefe hogar

1.6 Coordenadas ° ' " ° ' "

1.7 Altitud

1.8 Cuenca/Microcuenca

1.9 Tamaño finca

En el sistema de producción la mano de obra familiar representa:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1 | Todo el trabajo (100%) |
| 2 | Más de la mitad del trabajo (75%) |
| 3 | La mitad del trabajo (50%) |
| 4 | Menos de la mitad del trabajo (25%) |
| 5 | Muy poco o nada del trabajo (0%) |

CAPÍTULO 1. INFORMACIÓN DE LOS ARREGLOS

LOTE ____ DE ____

Área:

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ARREGLO (CULTIVOS)												
Tipo de riego												
Tenencia												

TIPO DE RIEGO	
Sin riego	---
Aspersores	Asp
Manual con manguera	Man
Por zanjas	Zan
Goteo	Got
Microaspersores	Micro
Otro:	Escribirlo

TENENCIA	
Propia	Prop
Alquilado	Alq
Sociedad	Soc
Dado en aparcería	Dado
Tomado en Aparcería	Tomado
Otro	Escribirlo

De ser necesaria un explicación adicional escribirla acá

LOTE ____ DE ____

Área:

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
ARREGLO (CULTIVOS)												
Tipo de riego												
Tenencia												

ANEXO 3. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 2
FORMULARIO LEVANTAMIENTO SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

[illegible]

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (continuación)
I. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (continuación)

	01	02	03	04	05																																																																																																																								
6. Para las faenas de este cultivo se utiliza: (Acepte varias opciones)	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Tractor</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Cosechadora mecánica</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Tractor y cosechadora</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Ninguno de los anteriores</td></tr> </table>	1		Tractor	2		Cosechadora mecánica	3		Tractor y cosechadora	4		Ninguno de los anteriores	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Tractor</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Cosechadora mecánica</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Tractor y cosechadora</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Ninguno de los anteriores</td></tr> </table>	1		Tractor	2		Cosechadora mecánica	3		Tractor y cosechadora	4		Ninguno de los anteriores	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Tractor</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Cosechadora mecánica</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Tractor y cosechadora</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Ninguno de los anteriores</td></tr> </table>	1		Tractor	2		Cosechadora mecánica	3		Tractor y cosechadora	4		Ninguno de los anteriores	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Tractor</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Cosechadora mecánica</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Tractor y cosechadora</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Ninguno de los anteriores</td></tr> </table>	1		Tractor	2		Cosechadora mecánica	3		Tractor y cosechadora	4		Ninguno de los anteriores	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Tractor</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Cosechadora mecánica</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Tractor y cosechadora</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Ninguno de los anteriores</td></tr> </table>	1		Tractor	2		Cosechadora mecánica	3		Tractor y cosechadora	4		Ninguno de los anteriores																																																												
1		Tractor																																																																																																																											
2		Cosechadora mecánica																																																																																																																											
3		Tractor y cosechadora																																																																																																																											
4		Ninguno de los anteriores																																																																																																																											
1		Tractor																																																																																																																											
2		Cosechadora mecánica																																																																																																																											
3		Tractor y cosechadora																																																																																																																											
4		Ninguno de los anteriores																																																																																																																											
1		Tractor																																																																																																																											
2		Cosechadora mecánica																																																																																																																											
3		Tractor y cosechadora																																																																																																																											
4		Ninguno de los anteriores																																																																																																																											
1		Tractor																																																																																																																											
2		Cosechadora mecánica																																																																																																																											
3		Tractor y cosechadora																																																																																																																											
4		Ninguno de los anteriores																																																																																																																											
1		Tractor																																																																																																																											
2		Cosechadora mecánica																																																																																																																											
3		Tractor y cosechadora																																																																																																																											
4		Ninguno de los anteriores																																																																																																																											
7. ¿El cultivo tiene riego?	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>No</td></tr> </table>	1		Si	2		No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>No</td></tr> </table>	1		Si	2		No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>No</td></tr> </table>	1		Si	2		No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>No</td></tr> </table>	1		Si	2		No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>No</td></tr> </table>	1		Si	2		No																																																																																										
1		Si																																																																																																																											
2		No																																																																																																																											
1		Si																																																																																																																											
2		No																																																																																																																											
1		Si																																																																																																																											
2		No																																																																																																																											
1		Si																																																																																																																											
2		No																																																																																																																											
1		Si																																																																																																																											
2		No																																																																																																																											
7.a. ¿En verano cada cuantos días riega el cultivo?																																																																																																																													
7.b ¿Qué tipo de riego utiliza? (Acepte varias opciones)	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Aspersores</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Mateo</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Por zanjás</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Goteo</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Aspersores	2		Mateo	3		Por zanjás	4		Goteo	5		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Aspersores</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Mateo</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Por zanjás</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Goteo</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Aspersores	2		Mateo	3		Por zanjás	4		Goteo	5		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Aspersores</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Mateo</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Por zanjás</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Goteo</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Aspersores	2		Mateo	3		Por zanjás	4		Goteo	5		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Aspersores</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Mateo</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Por zanjás</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Goteo</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Aspersores	2		Mateo	3		Por zanjás	4		Goteo	5		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Aspersores</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Mateo</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Por zanjás</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>Goteo</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Aspersores	2		Mateo	3		Por zanjás	4		Goteo	5		Otro _____																																													
1		Aspersores																																																																																																																											
2		Mateo																																																																																																																											
3		Por zanjás																																																																																																																											
4		Goteo																																																																																																																											
5		Otro _____																																																																																																																											
1		Aspersores																																																																																																																											
2		Mateo																																																																																																																											
3		Por zanjás																																																																																																																											
4		Goteo																																																																																																																											
5		Otro _____																																																																																																																											
1		Aspersores																																																																																																																											
2		Mateo																																																																																																																											
3		Por zanjás																																																																																																																											
4		Goteo																																																																																																																											
5		Otro _____																																																																																																																											
1		Aspersores																																																																																																																											
2		Mateo																																																																																																																											
3		Por zanjás																																																																																																																											
4		Goteo																																																																																																																											
5		Otro _____																																																																																																																											
1		Aspersores																																																																																																																											
2		Mateo																																																																																																																											
3		Por zanjás																																																																																																																											
4		Goteo																																																																																																																											
5		Otro _____																																																																																																																											
7.c. ¿Cuál es la cantidad de agua que consume el cultivo?	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>l/seg</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>m3/seg</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>l/día</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>m3/día</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>otra _____</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>No sabe</td></tr> </table>	1		l/seg	2		m3/seg	3		l/día	4		m3/día	5		otra _____	6		No sabe	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>l/seg</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>m3/seg</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>l/día</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>m3/día</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>otra _____</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>No sabe</td></tr> </table>	1		l/seg	2		m3/seg	3		l/día	4		m3/día	5		otra _____	6		No sabe	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>l/seg</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>m3/seg</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>l/día</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>m3/día</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>otra _____</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>No sabe</td></tr> </table>	1		l/seg	2		m3/seg	3		l/día	4		m3/día	5		otra _____	6		No sabe	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>l/seg</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>m3/seg</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>l/día</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>m3/día</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>otra _____</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>No sabe</td></tr> </table>	1		l/seg	2		m3/seg	3		l/día	4		m3/día	5		otra _____	6		No sabe	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>l/seg</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>m3/seg</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>l/día</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>m3/día</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>otra _____</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>No sabe</td></tr> </table>	1		l/seg	2		m3/seg	3		l/día	4		m3/día	5		otra _____	6		No sabe																														
1		l/seg																																																																																																																											
2		m3/seg																																																																																																																											
3		l/día																																																																																																																											
4		m3/día																																																																																																																											
5		otra _____																																																																																																																											
6		No sabe																																																																																																																											
1		l/seg																																																																																																																											
2		m3/seg																																																																																																																											
3		l/día																																																																																																																											
4		m3/día																																																																																																																											
5		otra _____																																																																																																																											
6		No sabe																																																																																																																											
1		l/seg																																																																																																																											
2		m3/seg																																																																																																																											
3		l/día																																																																																																																											
4		m3/día																																																																																																																											
5		otra _____																																																																																																																											
6		No sabe																																																																																																																											
1		l/seg																																																																																																																											
2		m3/seg																																																																																																																											
3		l/día																																																																																																																											
4		m3/día																																																																																																																											
5		otra _____																																																																																																																											
6		No sabe																																																																																																																											
1		l/seg																																																																																																																											
2		m3/seg																																																																																																																											
3		l/día																																																																																																																											
4		m3/día																																																																																																																											
5		otra _____																																																																																																																											
6		No sabe																																																																																																																											
7.d. ¿De donde viene el agua que utiliza para este cultivo? (Acepte varias opciones)	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Quebrada o río Lejano</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Vecino</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Quebrada o río en su propiedad</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>De una "toma"</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Nacimiento en su propiedad</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>Acueducto de uso humano</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td>Acueducto de riego</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Quebrada o río Lejano	2		Vecino	3		Quebrada o río en su propiedad	4		De una "toma"	5		Nacimiento en su propiedad	6		Acueducto de uso humano	7		Acueducto de riego	8		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Quebrada o río Lejano</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Vecino</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Quebrada o río en su propiedad</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>De una "toma"</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Nacimiento en su propiedad</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>Acueducto de uso humano</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td>Acueducto de riego</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Quebrada o río Lejano	2		Vecino	3		Quebrada o río en su propiedad	4		De una "toma"	5		Nacimiento en su propiedad	6		Acueducto de uso humano	7		Acueducto de riego	8		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Quebrada o río Lejano</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Vecino</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Quebrada o río en su propiedad</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>De una "toma"</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Nacimiento en su propiedad</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>Acueducto de uso humano</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td>Acueducto de riego</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Quebrada o río Lejano	2		Vecino	3		Quebrada o río en su propiedad	4		De una "toma"	5		Nacimiento en su propiedad	6		Acueducto de uso humano	7		Acueducto de riego	8		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Quebrada o río Lejano</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Vecino</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Quebrada o río en su propiedad</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>De una "toma"</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Nacimiento en su propiedad</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>Acueducto de uso humano</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td>Acueducto de riego</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Quebrada o río Lejano	2		Vecino	3		Quebrada o río en su propiedad	4		De una "toma"	5		Nacimiento en su propiedad	6		Acueducto de uso humano	7		Acueducto de riego	8		Otro _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>Quebrada o río Lejano</td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td>Vecino</td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>Quebrada o río en su propiedad</td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td>De una "toma"</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>Nacimiento en su propiedad</td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>Acueducto de uso humano</td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td>Acueducto de riego</td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td>Otro _____</td></tr> </table>	1		Quebrada o río Lejano	2		Vecino	3		Quebrada o río en su propiedad	4		De una "toma"	5		Nacimiento en su propiedad	6		Acueducto de uso humano	7		Acueducto de riego	8		Otro _____
1		Quebrada o río Lejano																																																																																																																											
2		Vecino																																																																																																																											
3		Quebrada o río en su propiedad																																																																																																																											
4		De una "toma"																																																																																																																											
5		Nacimiento en su propiedad																																																																																																																											
6		Acueducto de uso humano																																																																																																																											
7		Acueducto de riego																																																																																																																											
8		Otro _____																																																																																																																											
1		Quebrada o río Lejano																																																																																																																											
2		Vecino																																																																																																																											
3		Quebrada o río en su propiedad																																																																																																																											
4		De una "toma"																																																																																																																											
5		Nacimiento en su propiedad																																																																																																																											
6		Acueducto de uso humano																																																																																																																											
7		Acueducto de riego																																																																																																																											
8		Otro _____																																																																																																																											
1		Quebrada o río Lejano																																																																																																																											
2		Vecino																																																																																																																											
3		Quebrada o río en su propiedad																																																																																																																											
4		De una "toma"																																																																																																																											
5		Nacimiento en su propiedad																																																																																																																											
6		Acueducto de uso humano																																																																																																																											
7		Acueducto de riego																																																																																																																											
8		Otro _____																																																																																																																											
1		Quebrada o río Lejano																																																																																																																											
2		Vecino																																																																																																																											
3		Quebrada o río en su propiedad																																																																																																																											
4		De una "toma"																																																																																																																											
5		Nacimiento en su propiedad																																																																																																																											
6		Acueducto de uso humano																																																																																																																											
7		Acueducto de riego																																																																																																																											
8		Otro _____																																																																																																																											
1		Quebrada o río Lejano																																																																																																																											
2		Vecino																																																																																																																											
3		Quebrada o río en su propiedad																																																																																																																											
4		De una "toma"																																																																																																																											
5		Nacimiento en su propiedad																																																																																																																											
6		Acueducto de uso humano																																																																																																																											
7		Acueducto de riego																																																																																																																											
8		Otro _____																																																																																																																											

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (continuación)
I. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (continuación)

	01	02	03	04	05																																																																																																																																																						
7.e. De los siguiente cuáles problemas tiene con el acceso al agua de este cultivo <i>(Acepte varias opciones)</i>	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Servicio irregular</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>En verano no hay agua</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Agua contaminada</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Mala calidad natural</td></tr> <tr><td>6</td><td>☐</td><td>Falta de instalaciones en el predio</td></tr> <tr><td>7</td><td>☐</td><td>El agua no es suficiente</td></tr> <tr><td>8</td><td>☐</td><td>Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)</td></tr> <tr><td>9</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> <tr><td>10</td><td>☐</td><td>Ninguna</td></tr> </table>	1	☐	Servicio irregular	2	☐	En verano no hay agua	3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua	4	☐	Agua contaminada	5	☐	Mala calidad natural	6	☐	Falta de instalaciones en el predio	7	☐	El agua no es suficiente	8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)	9	☐	Otro: _____	10	☐	Ninguna	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Servicio irregular</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>En verano no hay agua</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Agua contaminada</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Mala calidad natural</td></tr> <tr><td>6</td><td>☐</td><td>Falta de instalaciones en el predio</td></tr> <tr><td>7</td><td>☐</td><td>El agua no es suficiente</td></tr> <tr><td>8</td><td>☐</td><td>Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)</td></tr> <tr><td>9</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> <tr><td>10</td><td>☐</td><td>Ninguna</td></tr> </table>	1	☐	Servicio irregular	2	☐	En verano no hay agua	3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua	4	☐	Agua contaminada	5	☐	Mala calidad natural	6	☐	Falta de instalaciones en el predio	7	☐	El agua no es suficiente	8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)	9	☐	Otro: _____	10	☐	Ninguna	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Servicio irregular</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>En verano no hay agua</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Agua contaminada</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Mala calidad natural</td></tr> <tr><td>6</td><td>☐</td><td>Falta de instalaciones en el predio</td></tr> <tr><td>7</td><td>☐</td><td>El agua no es suficiente</td></tr> <tr><td>8</td><td>☐</td><td>Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)</td></tr> <tr><td>9</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> <tr><td>10</td><td>☐</td><td>Ninguna</td></tr> </table>	1	☐	Servicio irregular	2	☐	En verano no hay agua	3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua	4	☐	Agua contaminada	5	☐	Mala calidad natural	6	☐	Falta de instalaciones en el predio	7	☐	El agua no es suficiente	8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)	9	☐	Otro: _____	10	☐	Ninguna	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Servicio irregular</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>En verano no hay agua</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Agua contaminada</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Mala calidad natural</td></tr> <tr><td>6</td><td>☐</td><td>Falta de instalaciones en el predio</td></tr> <tr><td>7</td><td>☐</td><td>El agua no es suficiente</td></tr> <tr><td>8</td><td>☐</td><td>Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)</td></tr> <tr><td>9</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> <tr><td>10</td><td>☐</td><td>Ninguna</td></tr> </table>	1	☐	Servicio irregular	2	☐	En verano no hay agua	3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua	4	☐	Agua contaminada	5	☐	Mala calidad natural	6	☐	Falta de instalaciones en el predio	7	☐	El agua no es suficiente	8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)	9	☐	Otro: _____	10	☐	Ninguna	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Servicio irregular</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>En verano no hay agua</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Agua contaminada</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Mala calidad natural</td></tr> <tr><td>6</td><td>☐</td><td>Falta de instalaciones en el predio</td></tr> <tr><td>7</td><td>☐</td><td>El agua no es suficiente</td></tr> <tr><td>8</td><td>☐</td><td>Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)</td></tr> <tr><td>9</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> <tr><td>10</td><td>☐</td><td>Ninguna</td></tr> </table>	1	☐	Servicio irregular	2	☐	En verano no hay agua	3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua	4	☐	Agua contaminada	5	☐	Mala calidad natural	6	☐	Falta de instalaciones en el predio	7	☐	El agua no es suficiente	8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)	9	☐	Otro: _____	10	☐	Ninguna
1	☐	Servicio irregular																																																																																																																																																									
2	☐	En verano no hay agua																																																																																																																																																									
3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua																																																																																																																																																									
4	☐	Agua contaminada																																																																																																																																																									
5	☐	Mala calidad natural																																																																																																																																																									
6	☐	Falta de instalaciones en el predio																																																																																																																																																									
7	☐	El agua no es suficiente																																																																																																																																																									
8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)																																																																																																																																																									
9	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
10	☐	Ninguna																																																																																																																																																									
1	☐	Servicio irregular																																																																																																																																																									
2	☐	En verano no hay agua																																																																																																																																																									
3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua																																																																																																																																																									
4	☐	Agua contaminada																																																																																																																																																									
5	☐	Mala calidad natural																																																																																																																																																									
6	☐	Falta de instalaciones en el predio																																																																																																																																																									
7	☐	El agua no es suficiente																																																																																																																																																									
8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)																																																																																																																																																									
9	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
10	☐	Ninguna																																																																																																																																																									
1	☐	Servicio irregular																																																																																																																																																									
2	☐	En verano no hay agua																																																																																																																																																									
3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua																																																																																																																																																									
4	☐	Agua contaminada																																																																																																																																																									
5	☐	Mala calidad natural																																																																																																																																																									
6	☐	Falta de instalaciones en el predio																																																																																																																																																									
7	☐	El agua no es suficiente																																																																																																																																																									
8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)																																																																																																																																																									
9	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
10	☐	Ninguna																																																																																																																																																									
1	☐	Servicio irregular																																																																																																																																																									
2	☐	En verano no hay agua																																																																																																																																																									
3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua																																																																																																																																																									
4	☐	Agua contaminada																																																																																																																																																									
5	☐	Mala calidad natural																																																																																																																																																									
6	☐	Falta de instalaciones en el predio																																																																																																																																																									
7	☐	El agua no es suficiente																																																																																																																																																									
8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)																																																																																																																																																									
9	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
10	☐	Ninguna																																																																																																																																																									
1	☐	Servicio irregular																																																																																																																																																									
2	☐	En verano no hay agua																																																																																																																																																									
3	☐	Los usuarios aguas arriba le dejan sin agua																																																																																																																																																									
4	☐	Agua contaminada																																																																																																																																																									
5	☐	Mala calidad natural																																																																																																																																																									
6	☐	Falta de instalaciones en el predio																																																																																																																																																									
7	☐	El agua no es suficiente																																																																																																																																																									
8	☐	Terreno inapropiado para regar (deslizamiento o inundable)																																																																																																																																																									
9	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
10	☐	Ninguna																																																																																																																																																									
8. ¿Qué tipo de fertilización utiliza? <i>(Acepte varias opciones)</i>	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Ninguno																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
9. ¿Qué tipo de control fitosanitario utiliza (control de malezas y enfermedades) <i>(Acepte varias opciones)</i>	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Biológico</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Biológico	4	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Biológico</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Biológico	4	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Biológico</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Biológico	4	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Biológico</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Biológico	4	☐	Ninguno	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Químico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Biológico</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Ninguno</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Químico	3	☐	Biológico	4	☐	Ninguno																																																																																										
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Biológico																																																																																																																																																									
4	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Biológico																																																																																																																																																									
4	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Biológico																																																																																																																																																									
4	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Biológico																																																																																																																																																									
4	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Químico																																																																																																																																																									
3	☐	Biológico																																																																																																																																																									
4	☐	Ninguno																																																																																																																																																									
10. Su cultivo está identificado como:	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Agroecológico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Bajo impacto</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Convencional</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Agroecológico	3	☐	Bajo impacto	4	☐	Convencional	5	☐	Otro: _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Agroecológico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Bajo impacto</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Convencional</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Agroecológico	3	☐	Bajo impacto	4	☐	Convencional	5	☐	Otro: _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Agroecológico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Bajo impacto</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Convencional</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Agroecológico	3	☐	Bajo impacto	4	☐	Convencional	5	☐	Otro: _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Agroecológico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Bajo impacto</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Convencional</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Agroecológico	3	☐	Bajo impacto	4	☐	Convencional	5	☐	Otro: _____	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Orgánico</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>Agroecológico</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>Bajo impacto</td></tr> <tr><td>4</td><td>☐</td><td>Convencional</td></tr> <tr><td>5</td><td>☐</td><td>Otro: _____</td></tr> </table>	1	☐	Orgánico	2	☐	Agroecológico	3	☐	Bajo impacto	4	☐	Convencional	5	☐	Otro: _____																																																																											
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Agroecológico																																																																																																																																																									
3	☐	Bajo impacto																																																																																																																																																									
4	☐	Convencional																																																																																																																																																									
5	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Agroecológico																																																																																																																																																									
3	☐	Bajo impacto																																																																																																																																																									
4	☐	Convencional																																																																																																																																																									
5	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Agroecológico																																																																																																																																																									
3	☐	Bajo impacto																																																																																																																																																									
4	☐	Convencional																																																																																																																																																									
5	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Agroecológico																																																																																																																																																									
3	☐	Bajo impacto																																																																																																																																																									
4	☐	Convencional																																																																																																																																																									
5	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
1	☐	Orgánico																																																																																																																																																									
2	☐	Agroecológico																																																																																																																																																									
3	☐	Bajo impacto																																																																																																																																																									
4	☐	Convencional																																																																																																																																																									
5	☐	Otro: _____																																																																																																																																																									
11. ¿El cultivo o el producto está certificado?	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>No Pase a la 13</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>En proceso</td></tr> </table>	1	☐	Si	2	☐	No Pase a la 13	3	☐	En proceso	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>No Pase a la 13</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>En proceso</td></tr> </table>	1	☐	Si	2	☐	No Pase a la 13	3	☐	En proceso	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>No Pase a la 13</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>En proceso</td></tr> </table>	1	☐	Si	2	☐	No Pase a la 13	3	☐	En proceso	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>No Pase a la 13</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>En proceso</td></tr> </table>	1	☐	Si	2	☐	No Pase a la 13	3	☐	En proceso	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>☐</td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td>☐</td><td>No Pase a la 13</td></tr> <tr><td>3</td><td>☐</td><td>En proceso</td></tr> </table>	1	☐	Si	2	☐	No Pase a la 13	3	☐	En proceso																																																																																																									
1	☐	Si																																																																																																																																																									
2	☐	No Pase a la 13																																																																																																																																																									
3	☐	En proceso																																																																																																																																																									
1	☐	Si																																																																																																																																																									
2	☐	No Pase a la 13																																																																																																																																																									
3	☐	En proceso																																																																																																																																																									
1	☐	Si																																																																																																																																																									
2	☐	No Pase a la 13																																																																																																																																																									
3	☐	En proceso																																																																																																																																																									
1	☐	Si																																																																																																																																																									
2	☐	No Pase a la 13																																																																																																																																																									
3	☐	En proceso																																																																																																																																																									
1	☐	Si																																																																																																																																																									
2	☐	No Pase a la 13																																																																																																																																																									
3	☐	En proceso																																																																																																																																																									
12. ¿Qué tipo de certificación tiene o espera tener?	_____	_____	_____	_____	_____																																																																																																																																																						

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (continuación)
I. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (continuación)

	01	02	03	04	05																																																		
13. Para las faenas de este cultivo ¿cuántos jornales completos se emplean?	_____	_____	_____	_____	_____																																																		
13.a De los jornales empleados ¿cuántos aporta el hogar?	_____	_____	_____	_____	_____																																																		
13.b De los jornales empleados ¿cuántos fueron pagados a terceros?	_____	_____	_____	_____	_____																																																		
14. ¿Cuál es su tenencia sobre el cultivo?	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Propia</td></tr> <tr><td>2</td><td>Arriendo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Sociedad</td></tr> <tr><td>4</td><td>Apracería</td></tr> <tr><td>5</td><td>Otro</td></tr> </table> Explique el arreglo: _____	1	Propia	2	Arriendo	3	Sociedad	4	Apracería	5	Otro	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Propia</td></tr> <tr><td>2</td><td>Arriendo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Sociedad</td></tr> <tr><td>4</td><td>Apracería</td></tr> <tr><td>5</td><td>Otro</td></tr> </table> Explique el arreglo: _____	1	Propia	2	Arriendo	3	Sociedad	4	Apracería	5	Otro	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Propia</td></tr> <tr><td>2</td><td>Arriendo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Sociedad</td></tr> <tr><td>4</td><td>Apracería</td></tr> <tr><td>5</td><td>Otro</td></tr> </table> Explique el arreglo: _____	1	Propia	2	Arriendo	3	Sociedad	4	Apracería	5	Otro	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Propia</td></tr> <tr><td>2</td><td>Arriendo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Sociedad</td></tr> <tr><td>4</td><td>Apracería</td></tr> <tr><td>5</td><td>Otro</td></tr> </table> Explique el arreglo: _____	1	Propia	2	Arriendo	3	Sociedad	4	Apracería	5	Otro	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Propia</td></tr> <tr><td>2</td><td>Arriendo</td></tr> <tr><td>3</td><td>Sociedad</td></tr> <tr><td>4</td><td>Apracería</td></tr> <tr><td>5</td><td>Otro</td></tr> </table> Explique el arreglo: _____	1	Propia	2	Arriendo	3	Sociedad	4	Apracería	5	Otro
1	Propia																																																						
2	Arriendo																																																						
3	Sociedad																																																						
4	Apracería																																																						
5	Otro																																																						
1	Propia																																																						
2	Arriendo																																																						
3	Sociedad																																																						
4	Apracería																																																						
5	Otro																																																						
1	Propia																																																						
2	Arriendo																																																						
3	Sociedad																																																						
4	Apracería																																																						
5	Otro																																																						
1	Propia																																																						
2	Arriendo																																																						
3	Sociedad																																																						
4	Apracería																																																						
5	Otro																																																						
1	Propia																																																						
2	Arriendo																																																						
3	Sociedad																																																						
4	Apracería																																																						
5	Otro																																																						
15. ¿Pagan arrendamiento EN DINERO por el lote de ese cultivo?	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Si ➡ ¿Cuánto al año?</td></tr> <tr><td>2</td><td>No</td></tr> </table>	1	Si ➡ ¿Cuánto al año?	2	No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Si ➡ ¿Cuánto al año?</td></tr> <tr><td>2</td><td>No</td></tr> </table>	1	Si ➡ ¿Cuánto al año?	2	No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Si ➡ ¿Cuánto al año?</td></tr> <tr><td>2</td><td>No</td></tr> </table>	1	Si ➡ ¿Cuánto al año?	2	No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Si ➡ ¿Cuánto al año?</td></tr> <tr><td>2</td><td>No</td></tr> </table>	1	Si ➡ ¿Cuánto al año?	2	No	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Si ➡ ¿Cuánto al año?</td></tr> <tr><td>2</td><td>No</td></tr> </table>	1	Si ➡ ¿Cuánto al año?	2	No																														
1	Si ➡ ¿Cuánto al año?																																																						
2	No																																																						
1	Si ➡ ¿Cuánto al año?																																																						
2	No																																																						
1	Si ➡ ¿Cuánto al año?																																																						
2	No																																																						
1	Si ➡ ¿Cuánto al año?																																																						
2	No																																																						
1	Si ➡ ¿Cuánto al año?																																																						
2	No																																																						
16. ¿Cuál fue la producción de los productos de este cultivo durante los últimos doce meses?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CANTIDAD/UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1_ 0</td><td>Producto principal</td></tr> <tr><td>2_</td><td>Producto secundario</td></tr> <tr><td>3_</td><td>Tercer producto</td></tr> </tbody> </table>	NOMBRE	CANTIDAD/UND.	1_ 0	Producto principal	2_	Producto secundario	3_	Tercer producto	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CANTIDAD/UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1_ 0</td><td>Producto principal</td></tr> <tr><td>2_</td><td>Producto secundario</td></tr> <tr><td>3_</td><td>Tercer producto</td></tr> </tbody> </table>	NOMBRE	CANTIDAD/UND.	1_ 0	Producto principal	2_	Producto secundario	3_	Tercer producto	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CANTIDAD/UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1_ 0</td><td>Producto principal</td></tr> <tr><td>2_</td><td>Producto secundario</td></tr> <tr><td>3_</td><td>Tercer producto</td></tr> </tbody> </table>	NOMBRE	CANTIDAD/UND.	1_ 0	Producto principal	2_	Producto secundario	3_	Tercer producto	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CANTIDAD/UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1_ 0</td><td>Producto principal</td></tr> <tr><td>2_</td><td>Producto secundario</td></tr> <tr><td>3_</td><td>Tercer producto</td></tr> </tbody> </table>	NOMBRE	CANTIDAD/UND.	1_ 0	Producto principal	2_	Producto secundario	3_	Tercer producto	<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>CANTIDAD/UND.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1_ 0</td><td>Producto principal</td></tr> <tr><td>2_</td><td>Producto secundario</td></tr> <tr><td>3_</td><td>Tercer producto</td></tr> </tbody> </table>	NOMBRE	CANTIDAD/UND.	1_ 0	Producto principal	2_	Producto secundario	3_	Tercer producto										
NOMBRE	CANTIDAD/UND.																																																						
1_ 0	Producto principal																																																						
2_	Producto secundario																																																						
3_	Tercer producto																																																						
NOMBRE	CANTIDAD/UND.																																																						
1_ 0	Producto principal																																																						
2_	Producto secundario																																																						
3_	Tercer producto																																																						
NOMBRE	CANTIDAD/UND.																																																						
1_ 0	Producto principal																																																						
2_	Producto secundario																																																						
3_	Tercer producto																																																						
NOMBRE	CANTIDAD/UND.																																																						
1_ 0	Producto principal																																																						
2_	Producto secundario																																																						
3_	Tercer producto																																																						
NOMBRE	CANTIDAD/UND.																																																						
1_ 0	Producto principal																																																						
2_	Producto secundario																																																						
3_	Tercer producto																																																						
17. ¿Cuánto tienen que pagar EN ESPECIE del producto principal de este cultivo por concepto de aparcería, compañía, medianería o similares?	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Más de la mitad</td></tr> <tr><td>2</td><td>La mitad</td></tr> <tr><td>3</td><td>La cuarta parte</td></tr> <tr><td>4</td><td>Menos de la cuarta parte</td></tr> <tr><td>5</td><td>Nada</td></tr> </table>	1	Más de la mitad	2	La mitad	3	La cuarta parte	4	Menos de la cuarta parte	5	Nada	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Más de la mitad</td></tr> <tr><td>2</td><td>La mitad</td></tr> <tr><td>3</td><td>La cuarta parte</td></tr> <tr><td>4</td><td>Menos de la cuarta parte</td></tr> <tr><td>5</td><td>Nada</td></tr> </table>	1	Más de la mitad	2	La mitad	3	La cuarta parte	4	Menos de la cuarta parte	5	Nada	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Más de la mitad</td></tr> <tr><td>2</td><td>La mitad</td></tr> <tr><td>3</td><td>La cuarta parte</td></tr> <tr><td>4</td><td>Menos de la cuarta parte</td></tr> <tr><td>5</td><td>Nada</td></tr> </table>	1	Más de la mitad	2	La mitad	3	La cuarta parte	4	Menos de la cuarta parte	5	Nada	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Más de la mitad</td></tr> <tr><td>2</td><td>La mitad</td></tr> <tr><td>3</td><td>La cuarta parte</td></tr> <tr><td>4</td><td>Menos de la cuarta parte</td></tr> <tr><td>5</td><td>Nada</td></tr> </table>	1	Más de la mitad	2	La mitad	3	La cuarta parte	4	Menos de la cuarta parte	5	Nada	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>Más de la mitad</td></tr> <tr><td>2</td><td>La mitad</td></tr> <tr><td>3</td><td>La cuarta parte</td></tr> <tr><td>4</td><td>Menos de la cuarta parte</td></tr> <tr><td>5</td><td>Nada</td></tr> </table>	1	Más de la mitad	2	La mitad	3	La cuarta parte	4	Menos de la cuarta parte	5	Nada
1	Más de la mitad																																																						
2	La mitad																																																						
3	La cuarta parte																																																						
4	Menos de la cuarta parte																																																						
5	Nada																																																						
1	Más de la mitad																																																						
2	La mitad																																																						
3	La cuarta parte																																																						
4	Menos de la cuarta parte																																																						
5	Nada																																																						
1	Más de la mitad																																																						
2	La mitad																																																						
3	La cuarta parte																																																						
4	Menos de la cuarta parte																																																						
5	Nada																																																						
1	Más de la mitad																																																						
2	La mitad																																																						
3	La cuarta parte																																																						
4	Menos de la cuarta parte																																																						
5	Nada																																																						
1	Más de la mitad																																																						
2	La mitad																																																						
3	La cuarta parte																																																						
4	Menos de la cuarta parte																																																						
5	Nada																																																						

I. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (continuación)

[illegible]

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (continuación)
I. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (continuación)
19. INFRAESTRUCTURA AGRÍCOLA E INSTALACIÓN DE CULTIVOS PERMANENTES.

En los últimos 10 años, cuanto ha gastado este hogar en los siguientes rubros de la producción agrícola:

a. Maquinaria	_____	d. Montaje de otros beneficiaderos	_____	g. Herramientas	_____																				
b. Montaje y readecuación de beneficiaderos de café	_____	e. Sistemas de tutorado	_____	h. Otros elementos para infraestructura	_____																				
c. Montaje y readecuación de trapiche	_____	<table border="1"> <tr> <td>f. Elementos para riego</td> <td>_____</td> <td>Punto de agua</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Mangueras</td> <td>_____</td> <td>Accesorios</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Bomba estacionaria</td> <td>_____</td> <td>Sistema de goteo</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Sistema de bombeo</td> <td>_____</td> <td>Otros</td> <td>_____</td> </tr> <tr> <td>Rociadores</td> <td>_____</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				f. Elementos para riego	_____	Punto de agua	_____	Mangueras	_____	Accesorios	_____	Bomba estacionaria	_____	Sistema de goteo	_____	Sistema de bombeo	_____	Otros	_____	Rociadores	_____		
f. Elementos para riego	_____	Punto de agua	_____																						
Mangueras	_____	Accesorios	_____																						
Bomba estacionaria	_____	Sistema de goteo	_____																						
Sistema de bombeo	_____	Otros	_____																						
Rociadores	_____																								
i. INSTALACION DE CULTIVOS PERMANENTES																									
I.1 CULTIVO1:	_____	\$	_____	I.2 CULTIVO2:	_____																				
					\$																				
				I.3 CULTIVO3:	_____																				
					\$																				
DURACION COMPLETA DEL CULTIVO 1:	_____	AÑOS		DURACION COMPLETA DEL CULTIVO 2:	_____																				
					AÑOS																				
				DURACION COMPLETA DEL CULTIVO 3:	_____																				
					AÑOS																				

20. Para todos los cultivos AGRÍCOLAS mencionados cuánto se gastó durante los últimos doce meses en:

(incluya únicamente los costos en que incurrió efectivamente el hogar, no incluya los costos sufragados o asumidos por terceros como resultado de parcerías, medianerías, compañías, etc.)

a. Pago de arriendos	\$	_____	e. 1 Fertilizantes	\$	_____	f. Empaques	\$	_____
b. Pago de trabajadores	\$	_____	e.2 Herbicidas	\$	_____	g. Transporte y combustible	\$	_____
b.1 ¿Valor de jornal con alimentación)	\$	_____	e.3 Insecticidas	\$	_____	h. Intereses por créditos	\$	_____
b.2 ¿Valor de jornal sin alimentación)	\$	_____	e.4 Fungicidas	\$	_____	i. Alquiler, reparación y mantenimiento de maquinaria	\$	_____
c. Alimentos comprados para los trabajadores? No incluida en el pago reportado en b.	\$	_____	e.5 Total insumos para fertilización y control fitosanitario	\$	_____	j. Asistencia técnica	\$	_____
d. Compra de semillas o plantas	\$	_____				k. Otros gastos relacionados con la producción agrícola	\$	_____

II. DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

¿Cuánto produjo en los últimos doce meses de los productos agrícolas cultivados en su finca?

(incluía únicamente la cantidad de los productos que le quedaron al hogar - no incluía la producción entregada por conceptos de aparcería, medianerías, compañías y similares.)

Nota: Como el objetivo es captar los ingresos por ventas, un mismo producto se debe anotar cuantas veces sea necesario para diferenciar las distintas calidades y anotar el precio de cada calidad.

[illegible]

II. DESTINO DE LA PRODUCCIÓN (Continuación)[illegible]

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (Continuación)

II. DESTINO DE LA PRODUCCIÓN (Continuación)																
Nombre del producto y su calidad	PRODUCCIÓN			VENTAS					NO VENDIDO							
	CANTIDAD PRODUCCION	UNIDAD	Equivalente de cada unidad en kilos o litros (si no aplica escriba NA)	CANTIDAD VENDIDA	PRECIO por unidad (según calidad) el sitio donde vende los productos	VALOR de la cantidad vendida (cantidad x precio)	SITIO DE VENTA	COSTO DE FLETES AL SITIO DE VENTA	CANTIDAD AUTOCONSUMIDA EN EL HOGAR	PRECIO COMPRA EN CENTRO URBANO	CANTIDAD RESERVADA PARA SEMILLAS	CANTIDAD UTILIZADA COMO ALIMENTO ANIMAL	CANTIDAD DONADA O REGALADA	CANTIDAD DESTINADA A INTERCAMBIOS	CANTIDAD PERDIDA	CANTIDAD OTROS USO
PROCESADOS Y SEMI PROCESADOS cacao, mermeladas, pastas de fruta, cuajada, licores, pastajes y otros																
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																

ARTESANÍAS DERIVADAS DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS O PECUARIOS DE LAS LAS ESPECIES SILVESTRES DE LA FINCA O DEL ENTORNO (Últimos 12 meses)

OTROS PRODUCTOS ARTESANALES (Últimos 12 meses)

☐ No se fabrican artesanías

☐ No se fabrican otras artesanías

NOMBRE	VALOR DE LAS VENTAS	CUÁNTO LE QUEDÓ LIBRE	NOMBRE	VALOR DE LAS VENTAS	CUÁNTO LE QUEDÓ LIBRE
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		

MÓDULO III Y IV ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS

III. PRODUCCIÓN PECUARIA

1. *INFRAESTRUCTURA*

En los últimos 2 años (2001-2010), ¿Cuánto ha gastado este hogar en los siguientes rubros de la producción pecuaria?:

a. Maquinaria: \$ _____

b. cercas nuevas:
(no incluya mantenimiento ni reparación) \$ _____

c. corrales, establos, cocheras
y otras instalaciones: \$ _____

d. cerco eléctrico: \$ _____

a. Cerdas de cría: \$ _____

b. Cerdos reproductores: \$ _____

e. Otros rubros relacionados
con la infraestructura: \$ _____

f. compra de vacas para leche y cría: \$ _____

g. compra de toros reproductores: \$ _____

h. Compra de equinos y bovinos
de labor: \$ _____

i. Otros animales dedicados a
la reproducción \$ _____

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (Continuación)
III. PRODUCCIÓN PECUARIA (Continuación)

2. ¿EN LOS ÚLTIMOS DOCE MESES CUÁNTOS ANIMALES VENDIÓ, CUÁL FUE EL VALOR DE LA VENTAS, CUÁLES FUERON LOS COSTOS Y CUÁNTOS ANIMALES TIENE ACTUALMENTE?

(No incluya animales silvestres. Incluya únicamente la cantidad de los animales que le quedaron al hogar - no incluya la producción entregada por conceptos de aparcería, medianerías, compañías y similares-, se pueden utilizar decimales) Diligencie todas las casillas, utilice cero (0) si es necesario.

RUBRO	Número de animales que tiene	Vereda donde los tiene	Ventas	VENTAS ANUALES				COSTOS			
				Unidad	Cantidad	Precio	Valor de ventas	Drogas	Alimentos	Animales para levante y engorde	Otros costos
BOVINOS											
Vacas lecheras y de cría <i>Incluya horras, preñadas y descartadas</i>											
Toros reproductores											
Terneros (as)								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Novillos (as)											
Otros bovinos											
Carne											
Leche											
Otros productos lácteos											
AVES Y HUEVOS											
Gallinas											
Pollos								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Otras aves											
Huevos											
Otros productos avícolas											
OTROS											
Cerdos								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Ovinos								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Caprinos, camuros y similares								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Conejos y similares								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Equinos								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Perros y gatos								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Peces								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Mieles y similares								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Otros: 1. _____								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____
Otros: 2. _____								\$ _____	\$ _____	\$ _____	\$ _____

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (Continuación)

IV. ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

1. Del siguiente personal administrativo con cuáles cuenta la finca

(Acepte varias opciones)

1	☐	Jefe o coordinador de mercadeo
2	☐	Gerente
3	☐	Mayordomo/Administrador/Agregado
4	☐	Jefe o inspector de campo → Cuantos:
5	☐	Otros:
6	☐	Ninguno

2. El dueño de esta finca cumple las siguientes funciones

(Acepte varias opciones)

1	☐	Gerente
2	☐	Administrador
3	☐	Trabajador agrícola
4	☐	Contabilista
5	☐	Coordinador
6	☐	Otra: _____

3. Usted lleva cuentas

(Acepte varias opciones)

1	☐	Certificadas por contador
2	☐	En computador
3	☐	En cuadernos
4	☐	En planillas suministradas por alguna institución
5	☐	No lleva registros

4. ¿Cuánto vale una de tierra de una finca como esta en esta vereda \$ _____

5. En cuanto vendería su finca que tiene una extensión de _____ \$ _____

5.a ¿Cuál sería el mínimo valor por el que la vendería? \$ _____

MÓDULO ACTIVIDADES AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (Continuación)

V. INGRESOS MONETARIOS POR ACTIVIDADES EXTRACTIVAS

INGRESOS DEL GRUPO FAMILIAR

1. Este grupo familiar tiene ingresos por actividades como extracción de madera, producción de carbón vegetal, pesca, minería u otra actividad extractiva?

Sí

1	
2	

 No

1	
2	

 Pase a capítulo V de Crédito

2. ¿Qué actividades extractivas desarrolla y cuanto dinero le deja en el último mes esa actividad, después de descontar los costos o gastos en dinero?

a. Extracción de madera

Sí

1	
2	

 Ingreso mensual neto _____
No

1	
2	

c. Pesca

Sí

1	
2	

 Ingreso mensual neto _____
No

1	
2	

d. Extracción de moluscos, conchas, insectos y otros animales

Sí

1	
2	

 Ingreso mensual neto _____
No

1	
2	

b. Producción de carbón vegetal

Sí

1	
2	

 Ingreso mensual neto _____
No

1	
2	

e. Minería

Sí

1	
2	

 Ingreso mensual neto _____
No

1	
2	

f. Otra actividad extractiva

Sí

1	
2	

 Ingreso mensual neto _____
No

1	
2	

VI. CRÉDITO

1. ¿Para **financiar la producción agrícola y pecuaria** declarada anteriormente, este hogar tiene algún crédito vigente (que no ha terminado de pagar)?

(No aplica créditos para compra de tierras)

1	
2	

 Si

1	
2	

 No ➡ Pase a la pregunta 3

2. ¿Qué deudas vigentes tiene el día de hoy y con que entidad, para financiar sus actividades agrícolas, pecuarias y extractivas?

a. Banco gubernamental \$ _____ d. Cooperativa \$ _____
b. Fondo rotativo o similares \$ _____ e. Un particular \$ _____
c. Banco privado \$ _____ f. Otro, ¿Cuál? _____ \$ _____

g. No tiene deudas vigentes ☐

3. ¿Durante los últimos doce meses este hogar ha pagado impuestos o contribuciones para:

a. Impuesto predial sobre la tierra dedicada a actividades agrícolas o pecuarias.

1	
2	

 Si \$ _____

1	
2	

 No

b. Contribuciones para fondos gremiales o parafiscales de los productos agrícolas y pecuarios.

1	
2	

 Si \$ _____

1	
2	

 No

MÓDULO VI VIIIOTROS NEGOCIOS (continuación)

1. Nombre _____	Número de orden <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; vertical-align: middle;"></table>
2. ¿Tiene algún negocio de industria, comercio o servicio diferente a finca, explotación agrícola o pecuaria o extracción?	
a. Industria b. Comercio c. Servicios d. No tiene	<table border="1" style="margin: 0 auto; width: 40px; height: 20px;">1</table> <table border="1" style="margin: 0 auto; width: 40px; height: 20px;">1</table> <table border="1" style="margin: 0 auto; width: 40px; height: 20px;">1</table> <table border="1" style="margin: 0 auto; width: 40px; height: 20px;">1</table>

VII. NEGOCIOS

A. Primer negocio	
1. ¿Este negocio lleva contabilidad? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> Pase a 3	7. Durante el mes pasado, ¿cuáles fueron las ventas o ingresos brutos en este negocio? Valor \$ _____
2. ¿Cómo se lleva la contabilidad en este negocio? Con libro de registro diario de operaciones <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Con estado de Pérdidas y Ganancias o Balance General <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> Con otro tipo de cuentas <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">3</table>	8. ¿Durante el mes pasado consumieron en el hogar, dieron como pago en especie, regalaron o intercambiaron bienes o servicios producidos o comercializados en el negocio? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> ¿En cuánto se estima su valor total? \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table>
3. ¿A qué actividad se dedica principalmente este negocio? _____ <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;"></table>	9. Durante el mes pasado en este negocio realizaron uno o más de los siguientes gastos: a. ¿Pago de sueldos y salarios? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> b. ¿Compra de insumos y materia prima? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> c. ¿Compra de mercancías? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> d. ¿Pago de arriendos o alquileres? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> (casas, locales, vehículos, maquinaria, etc.) e. ¿Pago de servicios públicos? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> f. ¿Otros gastos mensuales? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table> (combustibles, intereses, etc.)
4. ¿Este negocio es: De su propiedad únicamente? <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Pase a 6 En compañía con otras personas del hogar y/o de otros hogares <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table>	10. ¿Durante los últimos doce meses en este negocio realizaron uno o más de los siguientes gastos: pago de impuestos, seguros, publicidad, repuestos, servicios profesionales, etc.? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">1</table> Valor \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px;">2</table>
5. ¿En qué porcentaje de las ganancias de este negocio participa usted? _____ % Si ya registró la información de este negocio para otra persona del hogar no diligencie las preguntas 6 a 10 inclusive	
6. ¿Cuántos meses funcionó este negocio en los últimos doce meses? <table border="1" style="width: 40px; height: 20px; margin-right: 5px;"></table> <table border="1" style="width: 40px; height: 20px; margin-right: 5px;"></table> meses	

MÓDULO ACTIVIDADES AGÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES, MINERAS Y OTROS NEGOCIOS (continuación)

VII. NEGOCIOS (continuación)

B. Segundo negocio	
1. ¿Este negocio lleva contabilidad? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> Pase a 3	7. Durante el mes pasado, ¿cuáles fueron las ventas o ingresos brutos en este negocio? Valor \$ _____
2. ¿Cómo se lleva la contabilidad en este negocio? Con libro de registro diario de operaciones <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Con estado de Pérdidas y Ganancias o Balance General <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> Con otro tipo de cuentas <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">3</table>	8. ¿Durante el mes pasado consumieron en el hogar, dieron como pago en especie, regalaron o intercambiaron bienes o servicios producidos o comercializados en el negocio? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> ¿En cuánto se estima su valor tota \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table>
3. ¿A qué actividad se dedica principalmente este negocio? _____ <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> _____ <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table>	9. Durante el mes pasado en este negocio realizaron uno o más de los siguientes gastos: a. ¿Pago de sueldos y salarios? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> b. ¿Compra de insumos y materia primas? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> c. ¿Compra de mercancías? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> d. ¿Pago de arriendos o alquile (casas, locales, vehículos, maquinaria, etc)? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> e. ¿Pago de servicios públicos? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> f. ¿Otros gastos mensuales? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor: \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> (combustibles, intereses, etc.)
4. ¿Este negocio es: De su propiedad únicamente? <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Pase a 6 En compañía con otras personas del hogar y/o de otros hogares <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table>	10. ¿Durante los últimos doce meses en este negocio realizaron uno o más de los siguientes gastos: pago de impuestos, seguros, publicidad, repuestos, servicios profesionales, etc.? Si <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> Valor \$ _____ No <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table>
5. ¿En que porcentaje de las ganancias de este negocio participa usted? _____ % Si ya registró la información de este negocio para otra persona del hogar no diligencie las preguntas 6 a 10 inclusive	
6. ¿Cuántos meses funcionó este negocio en los últimos doce meses? <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">1</table> <table border="1" style="display: inline-table; width: 40px; height: 20px; text-align: center;">2</table> meses	

VIII. INGRESOS POR OTRAS ACTIVIDADES

1. ¿Este hogar tiene ingresos o rentas por negocios o actividades como transporte de pasajeros, fabricación de alimentos, fabricación de alimentos, confección de tejidos, producción de artesanías, tienda, puesto callejero o en plaza de mercado, alquiler de maquinaria, arrendamiento de predios o construcciones rurales u otras similares?

Sí

1	
---	--

No

2	
---	--

2. ¿Qué ingresos netos tuvo el mes pasado por concepto de:

a. Transporte de pasajeros y/o carga

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

d. Tienda y similares

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

f. Alquiler de maquinaria

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

b. Fabricación de alimentos *(no incluidos en procesados)*

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

g. Arrendamiento de predios rurales

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

c. Confección de tejidos y similares

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

e. Puesto callejero o en plaza de mercado

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

h. Otro, ¿Cuál?

Sí

1	
---	--

 Ingreso mensual neto
No

2	
---	--

 \$ _____

NÚMERO DE ORDEN DE LAS PERSONAS REGISTRADAS	01	02	03	04	05
Nombre(s) y apellido(s) de la persona	_____	_____	_____	_____	_____
	0	0	0	0	0
Registre el número de orden de la persona que suministra la información.	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

H. OTRAS ACTIVIDADES NO DECLARADAS ANTERIORMENTE (continuación)

Además de las actividades no declaradas anteriormente, ¿En que actividad ocupó La mayor parte del tiempo la semana pasada? 1 2 Espera la respuesta	a. Trabajando	1	a. Trabajando	1	a. Trabajando	1	a. Trabajando	1	a. Trabajando	1
	b. Buscando trabajo	2	b. Buscando trabajo	2	b. Buscando trabajo	2	b. Buscando trabajo	2	b. Buscando trabajo	2
	c. Estudiando	3	c. Estudiando	3	c. Estudiando	3	c. Estudiando	3	c. Estudiando	3
	d. Oficios del hogar	4	d. Oficios del hogar	4	d. Oficios del hogar	4	d. Oficios del hogar	4	d. Oficios del hogar	4
	e. Incapacitado permanente para trabajar	5	e. Incapacitado permanente para trabajar	5	e. Incapacitado permanente para trabajar	5	e. Incapacitado permanente para trabajar	5	e. Incapacitado permanente para trabajar	5
	f. Otra actividad ¿cuál?	6	f. Otra actividad ¿cuál?	6	f. Otra actividad ¿cuál?	6	f. Otra actividad ¿cuál?	6	f. Otra actividad ¿cuál?	6

I. OCUPADOS (continuación)

¿Qué hace ... en los trabajos que no fueron declarados anteriormente?	2 1	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____
¿Cuál es el nombre de la empresa, negocio, industria, oficina, firma o finca donde trabaja en actividades no declaradas anteriormente ...? escriba solamente el número de fincas o parcelas	3 2	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____
¿A que actividad se dedica principalmente la empresa o negocio en la que Realiza los trabajos no declarados anteriormente?	4 3	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____	_____ _____
En estos trabajos no declarados anteriormente ... es Lea las alternativas	5 14	a. Obrero o empleado de empresa particular 1 b. Obrero o empleado del gobierno 2 c. Empleado doméstico 3 d. Trabajador por cuenta propia 4 e. Patrón o empleador 5 f. Trabajador familiar sin remuneración 6 g. Trabajador sin remuneración de empresas o negocios de otros hogares 7 h. Jornalero o peón 8 i. Trabajó por honorarios o prestación de servicios? 9 j. Trabajó por obra? 10 k. Trabajó por piezas o a destajo? (satélite, maquila, etc.) 11 l. Trabajó por comisión únicamente 12 m. Trabajó vendiendo por catálogo 13 n. Trabajó en su oficio? (plomero, taxista, doméstica por días, etc.) 14 o. Otra. 15 ¿Cuál? _____	a. Obrero o empleado de empresa particular 1 b. Obrero o empleado del gobierno 2 c. Empleado doméstico 3 d. Trabajador por cuenta propia 4 e. Patrón o empleador 5 f. Trabajador familiar sin remuneración 6 g. Trabajador sin remuneración de empresas o negocios de otros hogares 7 h. Jornalero o peón 8 i. Trabajó por honorarios o prestación de servicios? 9 j. Trabajó por obra? 10 k. Trabajó por piezas o a destajo? (satélite, maquila, etc.) 11 l. Trabajó por comisión únicamente 12 m. Trabajó vendiendo por catálogo 13 n. Trabajó en su oficio? (plomero, taxista, doméstica por días, etc.) 14 o. Otra. 15 ¿Cuál? _____	a. Obrero o empleado de empresa particular 1 b. Obrero o empleado del gobierno 2 c. Empleado doméstico 3 d. Trabajador por cuenta propia 4 e. Patrón o empleador 5 f. Trabajador familiar sin remuneración 6 g. Trabajador sin remuneración de empresas o negocios de otros hogares 7 h. Jornalero o peón 8 i. Trabajó por honorarios o prestación de servicios? 9 j. Trabajó por obra? 10 k. Trabajó por piezas o a destajo? (satélite, maquila, etc.) 11 l. Trabajó por comisión únicamente 12 m. Trabajó vendiendo por catálogo 13 n. Trabajó en su oficio? (plomero, taxista, doméstica por días, etc.) 14 o. Otra. 15 ¿Cuál? _____	a. Obrero o empleado de empresa particular 1 b. Obrero o empleado del gobierno 2 c. Empleado doméstico 3 d. Trabajador por cuenta propia 4 e. Patrón o empleador 5 f. Trabajador familiar sin remuneración 6 g. Trabajador sin remuneración de empresas o negocios de otros hogares 7 h. Jornalero o peón 8 i. Trabajó por honorarios o prestación de servicios? 9 j. Trabajó por obra? 10 k. Trabajó por piezas o a destajo? (satélite, maquila, etc.) 11 l. Trabajó por comisión únicamente 12 m. Trabajó vendiendo por catálogo 13 n. Trabajó en su oficio? (plomero, taxista, doméstica por días, etc.) 14 o. Otra. 15 ¿Cuál? _____	a. Obrero o empleado de empresa particular 1 b. Obrero o empleado del gobierno 2 c. Empleado doméstico 3 d. Trabajador por cuenta propia 4 e. Patrón o empleador 5 f. Trabajador familiar sin remuneración 6 g. Trabajador sin remuneración de empresas o negocios de otros hogares 7 h. Jornalero o peón 8 i. Trabajó por honorarios o prestación de servicios? 9 j. Trabajó por obra? 10 k. Trabajó por piezas o a destajo? (satélite, maquila, etc.) 11 l. Trabajó por comisión únicamente 12 m. Trabajó vendiendo por catálogo 13 n. Trabajó en su oficio? (plomero, taxista, doméstica por días, etc.) 14 o. Otra. 15 ¿Cuál? _____
Antes de descuentos ¿cuánto ganó el mes pasado en estos trabajos no declarados anteriormente? (Incluya propinas y comisiones, y excluya viáticos y pagos en especie) Si no recibe salario en dinero, escriba 00; si recibe pero no sabe el monto, escriba 98; si no sabe si recibe, escriba 99.	6 17	Valor mensual \$ _____	Valor mensual \$ _____	Valor mensual \$ _____	Valor mensual \$ _____	Valor mensual \$ _____

X CONSUMOS DE AGUA

IDENTIFICACIÓN

Nombre de la finca: _____
 Vereda: _____
 Coordenadas: _____
 Dirección: _____
 Dueño o Responsable: _____
 Teléfono de contacto: _____

Fecha de realización de la encuesta:

Nombre de encuestador:

Nombre del supervisor:

Observaciones:

Hora de Inicio: 1 a.m. 2 p.m.

Hora de finalización: 1 a.m. 2 p.m.

MÓDULO DE CONSUMO DE AGUA DE RIEGO

Esta información debe corresponder a la de la hoja I Producción agrícola

Use una sola columna para cultivos asociados y las que sean necesarias para cada cultivo en sistemas de rotaciones.

Orden de cultivos Se considera la actividad agrícola hasta el producto final que el productor saca al mercado. Incluye cultivo de caña hasta la producción de panela, etc.	Primer cultivo 01	Segundo cultivo 02	Tercer cultivo 03	Cuarto cultivo 04	Quinto cultivo 05																																																												
1. Nombre del cultivo o arreglo	Cód	Cód	Cód	Cód	Cód																																																												
1.1. Numere el lote de acuerdo a la información reportada	Número de lote	Número de lote	Número de lote	Número de lote	Número de lote																																																												
2. ¿El cultivo tiene riego?	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Si</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td></tr></table>	1	Si	2	No	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Si</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td></tr></table>	1	Si	2	No	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Si</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td></tr></table>	1	Si	2	No	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Si</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td></tr></table>	1	Si	2	No	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Si</td></tr><tr><td>2</td><td>No</td></tr></table>	1	Si	2	No																																								
1	Si																																																																
2	No																																																																
1	Si																																																																
2	No																																																																
1	Si																																																																
2	No																																																																
1	Si																																																																
2	No																																																																
1	Si																																																																
2	No																																																																
3. ¿Qué extensión o área tiene el cultivo o arreglo actualmente?	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada,</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr><tr><td>6</td><td>Otro</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada,	4	Matas	5	Libras	6	Otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada,</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr><tr><td>6</td><td>Otro</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada,	4	Matas	5	Libras	6	Otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada,</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr><tr><td>6</td><td>Otro</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada,	4	Matas	5	Libras	6	Otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada,</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr><tr><td>6</td><td>Otro</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada,	4	Matas	5	Libras	6	Otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada,</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr><tr><td>6</td><td>Otro</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada,	4	Matas	5	Libras	6	Otro
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada,																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
6	Otro																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada,																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
6	Otro																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada,																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
6	Otro																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada,																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
6	Otro																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada,																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
6	Otro																																																																
4. Volumen aforado	<table border="1"><tr><td>1</td><td>litros</td></tr><tr><td>2</td><td>m3</td></tr><tr><td>3</td><td>cc-ml</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	litros	2	m3	3	cc-ml	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>litros</td></tr><tr><td>2</td><td>m3</td></tr><tr><td>3</td><td>cc-ml</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	litros	2	m3	3	cc-ml	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>litros</td></tr><tr><td>2</td><td>m3</td></tr><tr><td>3</td><td>cc-ml</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	litros	2	m3	3	cc-ml	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>litros</td></tr><tr><td>2</td><td>m3</td></tr><tr><td>3</td><td>cc-ml</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	litros	2	m3	3	cc-ml	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>litros</td></tr><tr><td>2</td><td>m3</td></tr><tr><td>3</td><td>cc-ml</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	litros	2	m3	3	cc-ml	4	otro																				
1	litros																																																																
2	m3																																																																
3	cc-ml																																																																
4	otro																																																																
1	litros																																																																
2	m3																																																																
3	cc-ml																																																																
4	otro																																																																
1	litros																																																																
2	m3																																																																
3	cc-ml																																																																
4	otro																																																																
1	litros																																																																
2	m3																																																																
3	cc-ml																																																																
4	otro																																																																
1	litros																																																																
2	m3																																																																
3	cc-ml																																																																
4	otro																																																																
5. Tiempo en que se aforó el volumen reportado	<table border="1"><tr><td>1</td><td>horas</td></tr><tr><td>2</td><td>minutos</td></tr><tr><td>3</td><td>segundos</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	horas	2	minutos	3	segundos	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>horas</td></tr><tr><td>2</td><td>minutos</td></tr><tr><td>3</td><td>segundos</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	horas	2	minutos	3	segundos	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>horas</td></tr><tr><td>2</td><td>minutos</td></tr><tr><td>3</td><td>segundos</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	horas	2	minutos	3	segundos	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>horas</td></tr><tr><td>2</td><td>minutos</td></tr><tr><td>3</td><td>segundos</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	horas	2	minutos	3	segundos	4	otro	<table border="1"><tr><td>1</td><td>horas</td></tr><tr><td>2</td><td>minutos</td></tr><tr><td>3</td><td>segundos</td></tr><tr><td>4</td><td>otro</td></tr></table>	1	horas	2	minutos	3	segundos	4	otro																				
1	horas																																																																
2	minutos																																																																
3	segundos																																																																
4	otro																																																																
1	horas																																																																
2	minutos																																																																
3	segundos																																																																
4	otro																																																																
1	horas																																																																
2	minutos																																																																
3	segundos																																																																
4	otro																																																																
1	horas																																																																
2	minutos																																																																
3	segundos																																																																
4	otro																																																																
1	horas																																																																
2	minutos																																																																
3	segundos																																																																
4	otro																																																																
6. Área aforada -	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada	4	Matas	5	Libras	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada	4	Matas	5	Libras	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada	4	Matas	5	Libras	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada	4	Matas	5	Libras	<table border="1"><tr><td>1</td><td>m2</td></tr><tr><td>2</td><td>Ha</td></tr><tr><td>3</td><td>Fanegada</td></tr><tr><td>4</td><td>Matas</td></tr><tr><td>5</td><td>Libras</td></tr></table>	1	m2	2	Ha	3	Fanegada	4	Matas	5	Libras										
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
1	m2																																																																
2	Ha																																																																
3	Fanegada																																																																
4	Matas																																																																
5	Libras																																																																
7. ¿Cuánto tiempo toma en regar el área aforada? (observado)																																																																	
8. ¿En verano cuantas veces al día riega su cultivo	veces	veces	veces	veces	veces																																																												
9. ¿En verano cada cuantos días riega el cultivo?	días	días	días	días	días																																																												
10. Referencia de equipo de	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Aspersor</td></tr><tr><td>2</td><td>Motobomba</td></tr><tr><td>3</td><td>Goteo</td></tr><tr><td>4</td><td>Pulgadas manguera</td></tr></table>	1	Aspersor	2	Motobomba	3	Goteo	4	Pulgadas manguera	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Aspersor</td></tr><tr><td>2</td><td>Motobomba</td></tr><tr><td>3</td><td>Goteo</td></tr><tr><td>4</td><td>Pulgadas manguera</td></tr></table>	1	Aspersor	2	Motobomba	3	Goteo	4	Pulgadas manguera	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Aspersor</td></tr><tr><td>2</td><td>Motobomba</td></tr><tr><td>3</td><td>Goteo</td></tr><tr><td>4</td><td>Pulgadas manguera</td></tr></table>	1	Aspersor	2	Motobomba	3	Goteo	4	Pulgadas manguera	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Aspersor</td></tr><tr><td>2</td><td>Motobomba</td></tr><tr><td>3</td><td>Goteo</td></tr><tr><td>4</td><td>Pulgadas manguera</td></tr></table>	1	Aspersor	2	Motobomba	3	Goteo	4	Pulgadas manguera	<table border="1"><tr><td>1</td><td>Aspersor</td></tr><tr><td>2</td><td>Motobomba</td></tr><tr><td>3</td><td>Goteo</td></tr><tr><td>4</td><td>Pulgadas mangue</td></tr></table>	1	Aspersor	2	Motobomba	3	Goteo	4	Pulgadas mangue																				
1	Aspersor																																																																
2	Motobomba																																																																
3	Goteo																																																																
4	Pulgadas manguera																																																																
1	Aspersor																																																																
2	Motobomba																																																																
3	Goteo																																																																
4	Pulgadas manguera																																																																
1	Aspersor																																																																
2	Motobomba																																																																
3	Goteo																																																																
4	Pulgadas manguera																																																																
1	Aspersor																																																																
2	Motobomba																																																																
3	Goteo																																																																
4	Pulgadas manguera																																																																
1	Aspersor																																																																
2	Motobomba																																																																
3	Goteo																																																																
4	Pulgadas mangue																																																																
11. Caudal calulado	<table border="1"><tr><td>1</td><td>M3/SEMANA</td></tr><tr><td>2</td><td>LTS/SEMAN</td></tr><tr><td>3</td><td>OTRO</td></tr></table>	1	M3/SEMANA	2	LTS/SEMAN	3	OTRO	<table border="1"><tr><td>1</td><td>M3/SEMANA</td></tr><tr><td>2</td><td>LTS/SEMAN</td></tr><tr><td>3</td><td>OTRO</td></tr></table>	1	M3/SEMANA	2	LTS/SEMAN	3	OTRO	<table border="1"><tr><td>1</td><td>M3/SEMANA</td></tr><tr><td>2</td><td>LTS/SEMAN</td></tr><tr><td>3</td><td>OTRO</td></tr></table>	1	M3/SEMANA	2	LTS/SEMAN	3	OTRO	<table border="1"><tr><td>1</td><td>M3/SEMANA</td></tr><tr><td>2</td><td>LTS/SEMAN</td></tr><tr><td>3</td><td>OTRO</td></tr></table>	1	M3/SEMANA	2	LTS/SEMAN	3	OTRO	<table border="1"><tr><td>1</td><td>M3/SEM</td></tr><tr><td>2</td><td>LTS/SEM</td></tr><tr><td>3</td><td>OTRO</td></tr></table>	1	M3/SEM	2	LTS/SEM	3	OTRO																														
1	M3/SEMANA																																																																
2	LTS/SEMAN																																																																
3	OTRO																																																																
1	M3/SEMANA																																																																
2	LTS/SEMAN																																																																
3	OTRO																																																																
1	M3/SEMANA																																																																
2	LTS/SEMAN																																																																
3	OTRO																																																																
1	M3/SEMANA																																																																
2	LTS/SEMAN																																																																
3	OTRO																																																																
1	M3/SEM																																																																
2	LTS/SEM																																																																
3	OTRO																																																																

ANEXO 4. RELACIONADO CON EL CAPÍTULO 2

CONSTRUCCIÓN DETALLADA DEL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

En el presente documento se explica detalladamente el proceso realizado para obtener los modelos de regresión lineal múltiples óptimos que permiten predecir y explicar el comportamiento de la variable de salida Excedente familiar agrícola del sistema.

1. Modelos de regresión lineal múltiple

Los métodos de regresión lineal buscan modelar el comportamiento de una variable de respuesta, o dependiente Y , en términos del comportamiento de una o más variables explicativas o independientes X_i $i = 1, \dots, p$ con p el número de variables que influyen sobre ella. Es decir que su objetivo consiste en resumir la información disponible de la forma más compacta e ilustrativa posible.

Un modelo de regresión lineal múltiple tiene la forma general

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (1)$$

Donde $\hat{Y}$ es la variable de respuesta estimada (en este caso el excedente familiar agrícola del sistema), que se encuentra en función de una combinación lineal de las n variables independientes X_i , cada una de las cuales tiene un peso relativo en la ecuación indicado por el coeficiente β_i , además de un componente constante β_0 y un componente aleatorio ε que acoge la información no explicada directamente por las variables independientes. La ecuación de regresión es calculada por medio de mínimos cuadrados ordinarios y se obtiene minimizando las diferencias al cuadrado entre los valores observados Y y los pronosticados $\hat{Y}$.

Una vez ajustado el modelo de regresión, es decir que son encontrados los valores de β_i que minimizan el error se procede a la validación del modelo que consiste en un conjunto de test estadísticos que verifican que el modelo sea apropiado para el uso de acuerdo a la teoría con la que son construidos, estos supuestos en general son 5, explicados a continuación:

Buena especificación del modelo: La relación entre las variables independientes y la variable dependiente debe ser correcta y debe tener sentido; esto es, se deben incluir todas las variables relevantes o sus transformaciones y omitir la inclusión de variables no relevantes, es decir que el modelo incluye su forma funcional correcta. Para este trabajo en particular, es utilizado el test Reset de Ramsey con el que son evaluados los siguientes posibles errores:

- Omisión de variables importantes.
- Inclusión de variables que no son necesarias o adoptan una forma funcional errada.

En este test, la hipótesis nula es buena especificación del modelo es decir, deseamos NO RECHAZAR la hipótesis nula en cada aplicación del test, por lo cual el p-valor con el que sea juzgado el modelo debe ser superior al 5% (0.05).

Valor esperado de los errores igual a cero: Los errores tienen una esperanza matemática igual a cero. Este supuesto verifica que en promedio la diferencia entre lo esperado con el

modelo y lo observado sea cero, en los modelos este supuesto se verifica calculando el promedio aritmético entre las diferencias de los valores observados y estimados con el modelo, si el valor es muy cercano a cero el supuesto es satisfecho.

Homoscedasticidad: El supuesto de igualdad de varianzas implica que la variación de los residuos debe ser uniforme en todo el rango de valores pronosticados; es decir que el tamaño de los residuos es independiente del tamaño de los pronósticos. En otras palabras la variabilidad debe ser constante con la variable dependiente, asegurando que a medida que aumenta o disminuye dicha variable, la diferencia entre el modelo y los valores observados no van a aumentar junto con la variable respuesta, para evaluar este supuesto será utilizado el test de Koenker que es una versión corregida más poderosa del test de Breusch-Pagan que es el más utilizado.

La hipótesis nula en este caso es homocedasticidad, por lo cual es deseable NO RECHAZAR la hipótesis nula, es decir esperamos un p-valor superior al 5% (0.05) en este test.

No multicolinealidad: La multicolinealidad exacta aparece cuando dos o más variables contienen la misma información para el modelo, es decir que existiría información redundante. La multicolinealidad también puede ser aproximada, que es el caso más común, y se ve reflejada en la presencia de dos o más variables independientes con correlaciones altas. Por ello, es necesario que no haya multicolinealidad. Para evaluar este supuesto serán evaluadas dos cosas:

- Los valores de las correlaciones entre las variables independientes del modelo deben ser bajas.
- El coeficiente kappa debe ser menor que 30.

Normalidad de los errores: Con el cumplimiento del supuesto de normalidad se tiene la justificación teórica para hacer la evaluación con los métodos de distribución normal, que son los más comunes. Sin embargo, no es indispensable para realizar los análisis ya que toda la teoría puede ser construida sin este supuesto, la única implicación del no cumplimiento de la no normalidad es que los intervalos de confianza se construyen diferente, para evaluar este supuesto se utiliza la prueba de Kolmogorov cuya hipótesis nula es la no normalidad, por lo cual, con esta prueba se busca RECHAZAR la hipótesis nula, es decir p-valores menores de 5%.

2. Construcción del modelo de regresión lineal múltiple

Una vez más fue necesario revisar la base de datos y se eliminaron 6 observaciones a las que les faltaba una o varias de las 46 variables seleccionadas durante el proceso de depuración de la base de datos explicado en el capítulo 2. Considerando estas variables, se hizo la búsqueda de las variables más relevantes en base a los siguientes criterios: que tuviera una correlación (Lineal, Cuadrática o logarítmica) con el logaritmo o con la variable sin transformar de Excedente agrícola familiar, que aportara un porcentaje de inercia superior al 16% a los dos primeros ejes factoriales del ACP normado.

Se obtuvieron las siguientes 18 variables relevantes para el inicio de la búsqueda del modelo:

- a) "INS_FERT" Valor total por la compra de fertilizantes (\$/año).
- b) "VENTA_AGRI_RIEG_SI" Venta de productos de agricultura irrigada (\$/ha).
- c) "V_PAGO_JOR" Valor pagado por jornales contratados (\$/año).
- d) "JORNAL_CON" Jornales contratados en el año.
- e) "SEM_PLANT" Valor pagado por compra de semillas y plántulas (\$/año).
- f) "VALOR_ANU_GI" Valor de los gastos de inversión (\$/año).
- g) "AREA_AGRI_COM" Área agrícola del último año (ha).
- h) "AREA_AGRI_CULT" Área cultivada en el último año (ha).
- i) "EXC_FAM_AGRI" Excedente agrícola familiar del sistema (\$/año).
- j) "REM_NET_DIA_TTA" Remuneración neta día del trabajo agrícola total (\$/jornal)
- k) "ING_NETO_AGRI_HA" Ingresos netos agrícolas por área agrícola (\$/ha año)
- l) "AREA_CULT_IRRIG" Área cultivada irrigada (ha)
- m) "AREA_CULT_SEC" Área cultivada de secano (ha)
- n) "AREA_CULT_GOT" Área cultivada irrigada con sistema de goteo (ha)
- o) "EDU_JEFE_H" Años de educación formal del jefe de hogar.
- p) "CONS_AGUA_REAL" Consumo de agua real (m3/año).
- q) "COS_REL_AGUA" Costos relacionados con el agua (\$/año).
- r) "TOMATE" Presencia o ausencia de cultivos de tomate bajo invernadero.

Para iniciar la búsqueda del mejor modelo se realizó el test de Box-Cox que permite identificar si es mejor utilizar el modelo sin transformación o con una transformación logarítmica.

El test de Box-Cox tiene como fin escoger entre uno de los dos modelos

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (2)$$

O la versión log-log

$$\log \hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \log X_1 + \beta_2 \log X_2 + \dots + \beta_n \log X_n + \varepsilon \quad (3)$$

Para este par de modelos se plantea la hipótesis nula H_0 en la que los dos modelos (2) y (3) son equivalentes y la hipótesis alternativa H_1 que establece que uno de los modelos es mejor, se basa en el cálculo de la estadística:

$$E_{BC} = \frac{p}{2} \left| \log \left(\frac{sse_2 / \bar{y}_t^2}{sse_3} \right) \right|$$

Con $\bar{y}_t^2$ la media geométrica, sse_2 la suma de los cuadrados de los errores del modelo 2 y sse_3 la suma de los cuadrados de los errores del modelo 3. Bajo la hipótesis nula esta estadística se distribuye como una chi cuadrado de 1 grado de libertad. Si, $sse_2 / \bar{y}_t^2 > sse_3$ entonces se debe escoger el modelo (2).

A un nivel de significancia del 5% se rechazó la hipótesis nula, por lo tanto es ajustado el modelo que relaciona el logaritmo de las variables continuas explicativas y el logaritmo de la variable independiente.

Resultados

Se hicieron varias iteraciones buscando el modelo óptimo que cumpliera con los supuestos teóricos planteados al momento de hacer la estimación. Se parte del modelo que incluye todas las variables explicativas, en cada interacción se eliminan las variables que no son significativas para el modelo testeando cada vez que dicha variable no fuera significativa como una transformación (Cuadrática, sin logaritmo, alguna potencia, entre otras). La validación de supuestos y los valores arrojados para cada una de las pruebas utilizadas se resumen en la tabla 1, ubicada al final de este aparte.

Se encontraron 7 variables que son explicativas para el modelo. Se tiene que:

$$\log Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X_1 + \beta_2 \ln X_2 + \beta_3 \ln X_3 + \beta_4 \ln X_4 + \beta_5 \ln X_5 + \beta_6 \ln X_6 + \beta_7 X_7 + e$$

Donde

Y : *EXC_FAM_AGR*

X_1 : *AREA_CULT_IRRIG*

X_2 : *CONS_AGUA_REAL*

X_3 : *V_PAGO_JOR* + 1

X_4 : *VENTA_AGR_RIEG_SI*

X_5 : *COS_REL_AGUA*

X_6 : *SEM_PLANT* + 1

X_7 : *TOMATE* (1 si hay tomate, 0 si no)

Los diferentes modelos que se fueron ajustando junto con sus respectivas validaciones se presentan a continuación:

- *Modelo 1.*

Modelo 1					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(AREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL), log(V_PAGO_JOR+1), log(VENTA_AGRI_RIEG_SI), log(COS_REL_AGUA), log(SEM_PLANT+1), TOMATE.					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	4.3210	1.4045	3.0760	0.0033	Significativo
log(AREA_CULT_IRRIG)	0.2996	0.0871	3.4410	0.0011	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL)	-0.1511	0.0406	-3.7250	0.0005	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0330	0.0143	-2.3120	0.0246	Significativo
log(VENTA_AGRI_RIEG_SI)	0.8821	0.0811	10.8760	0.0000	Significativo
log(COS_REL_AGUA)	-0.0633	0.0375	-1.6880	0.0970	Significativo a un nivel del 10%
log(SEM_PLANT+1)	-0.0159	0.0064	-2.4650	0.0169	Significativo
TOMATE	0.2658	0.1083	2.4550	0.0173	Significativo

En este primer modelo todas las variables incluidas son significativas al menos a un nivel de significancia del 10%, además, para este modelo todos los supuestos se cumplen. Una vez visto esto, se evalúa la calidad del ajuste por medio de los puntos de influencia, los puntos de influencia son puntos en los cuales la estimación del modelo cambia significativamente cuando estos están presentes o ausentes, para cada una de las observaciones son calculadas las medidas de influencia *dffits* y *dfbetas*. En la figura 1 se muestran estos valores, mostrando que existen tres puntos influyentes correspondientes a las observaciones 13, 30 y 37; esto quiere decir que es probable que estos sistemas de producción no puedan ser explicados por medio de este modelo, por lo cual la estimación sin ellos cambia.

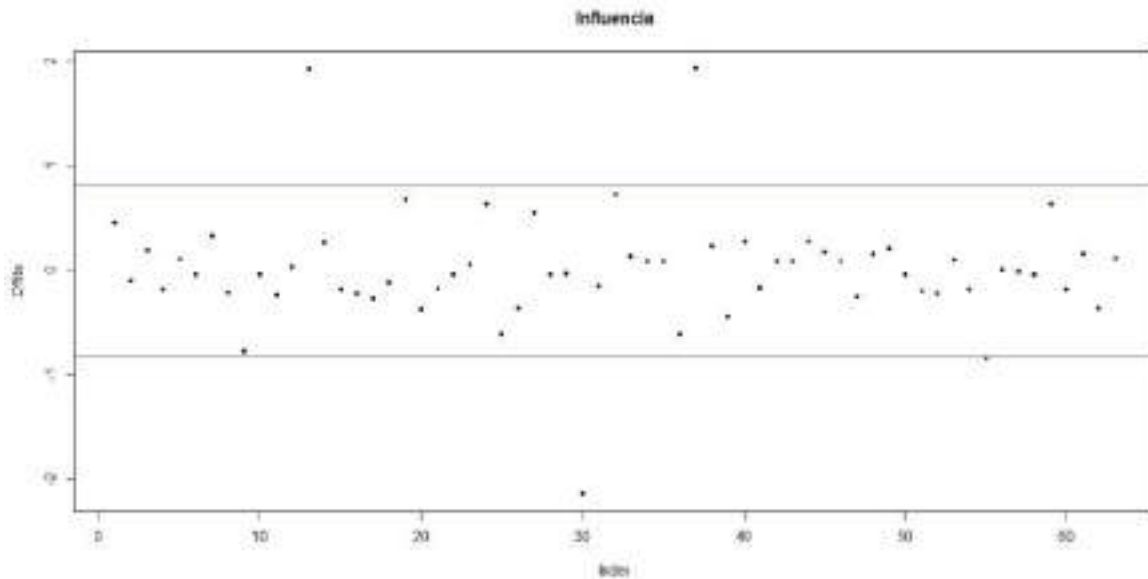


Figura 1. Valores de influencia del modelo 1

Dado que se encontraron estas observaciones, se prosigue a sacarlas del modelo para obtener un mejor ajuste.

- *Modelo 2.*

Este segundo modelo, como se mencionó atrás será calculado en base a las mismas variables pero retirando las observaciones influyentes, obteniendo las siguientes estimaciones:

Modelo 2 - Sin observaciones influyentes					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(AREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL), log(V_PAGO_JOR+1), log(VENTA_AGRI_RIEG_SI), log(COS_REL_AGUA), log(SEM_PLANT+1), TOMATE.					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	1.7809	1.2566	1.4170	0.1624	No significativo
log(AREA_CULT_IRRIG)	0.1979	0.0785	2.5200	0.0149	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL)	-0.0785	0.0361	-2.1770	0.0341	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0609	0.0358	-1.8090	0.0672	Significativo a un nivel del 10%
log(VENTA_AGRI_RIEG_SI)	1.0181	0.0721	14.1200	0.0000	Significativo
log(COS_REL_AGUA)	-0.0552	0.0331	-1.6680	0.1014	No significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0175	0.0055	-3.1760	0.0025	Significativo
TOMATE	0.1717	0.0932	1.8420	0.0712	Significativo a un nivel del 10%

Al retirar las observaciones influyentes el intercepto y la variable costo relativo del agua dejan de ser significativas en el modelo y los coeficientes varían con respecto al primer modelo propuesto.

- *Modelo 3.*

En este modelo será retirada la variable costo relativo del agua para ver cómo se comporta el modelo ante el conjunto de datos modificado obteniendo los siguientes resultados:

Modelo 3					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(AREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL), log(V_PAGO_JOR+1), log(VENTA_AGRI_RIEG_SI), log(SEM_PLANT+1), TOMATE.					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	1.3022	1.2439	1.0470	0.2999	No significativo
log(AREA_CULT_IRRIG)	0.2042	0.0797	2.5610	0.0133	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL)	-0.0820	0.0366	-2.2410	0.0292	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0888	0.0339	-2.6200	0.0114	Significativo
log(VENTA_AGRI_RIEG_SI)	1.0247	0.0732	14.0010	0.0000	Significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0187	0.0056	-3.3690	0.0014	Significativo
TOMATE	0.1605	0.0945	1.6980	0.0953	Significativo a un nivel del 10%

Nuevamente, vemos una variación en el modelo, el intercepto pasa a ser no significativo por lo cual será retirado del modelo.

- *Modelo 4.*

Se debe tener en cuenta que al retirar el intercepto del modelo, el R2 deja de tener el mismo sentido con el que se venía trabajando hasta ahora (V. tabla 1), sin embargo por completos será dejado en la tabla.

Modelo 4					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(AREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL), log(V_PAGO_IOR+1), log(VENTA_AGR_RIEG_SI), log(SEM_PLANT+1), TOMATE					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
log(AREA_CULT_IRRIG)	0.1350	0.0445	3.0300	0.0038	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL)	-0.0664	0.0334	-1.9850	0.0522	Significativo a un nivel del 10%
log(V_PAGO_IOR+1)	-0.0873	0.0339	-2.5770	0.0127	Significativo
log(VENTA_AGR_RIEG_SI)	1.0935	0.0323	33.9000	0.0000	Significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0210	0.0051	-4.1030	0.0001	Significativo
TOMATE	0.0847	0.0608	1.3930	0.1693	No significativo

Al retirar el intercepto, la variable TOMATE deja de ser significativa en el modelo, por lo cual, será retirada del modelo.

- **Modelo 5.**

Hasta ahora partiendo de las variables que fueron significativas para el conjunto de datos, y evaluando los valores influyentes se llegó al modelo 4. Sin embargo, en este la presencia o ausencia de tomate no influye en el excedente familiar agrícola por lo cual, se saca esta variable obteniendo:

Modelo 5					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log[AREA_CULT_IRRIG], log[CONS_AGUA_REAL], log[V_PAGO_JOR+1], log[VENTA_AGRI_RIEG_SI], log[SEM_PLANT+1].					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
log[AREA_CULT_IRRIG]	0.1208	0.0437	2.7610	0.0078	Significativo
log[CONS_AGUA_REAL]	-0.0605	0.0335	-1.8090	0.0758	Significativo a un nivel del 10%
log[V_PAGO_JOR+1]	-0.0794	0.0337	-2.3580	0.0220	Significativo
log[VENTA_AGRI_RIEG_SI]	1.0857	0.0320	33.8880	0.0000	Significativo
log[SEM_PLANT+1]	-0.0205	0.0051	-3.9740	0.0002	Significativo

Este último modelo es significativo en todas las variables, en la tabla podemos verificar que cumple con los supuestos más importantes menos con el de normalidad de los errores, como ya se dijo antes esto no es un problema ya que no afecta en ninguna medida en la estimación del modelo simplemente los intervalos de confianza se construirán de forma diferente en base a la distribución de los datos.

Este modelo de acuerdo con la tabla anterior puede ser escrito como:

$$\text{LN}(\text{EXC_FAM_AGR}) = 0,1208\text{LN}(\text{AREA_CULT_IRRIG}) - 0,0605\text{LN}(\text{CONS_AGUA_REAL}) - 0,0794\text{LN}(\text{V_PAG_JOR}+1) + 1,0857\text{LN}(\text{VENTA_AGRI_RIEG_SI}) - 0,0205\text{LN}(\text{SEM_PLANT}+1)$$

Si bien este modelo cumple con todos los supuestos y tiene un excelente ajuste, la variable CONS_AGUA_REAL, resulta un poco aislada de las particularidades de cada sistema de producción, por lo que se consideró ponderar el consumo de agua con el área agrícola y con el área cultivada. Así, basados en el modelo anterior, decidimos utilizar la relación entre estas variables, es decir, CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRI_COM y CONS_AGUA_REAL/ AREA_AGRI_CULT.

3.1 Desarrollo de modelos ponderando los consumos de agua con respecto a las áreas agrícolas y áreas cultivadas

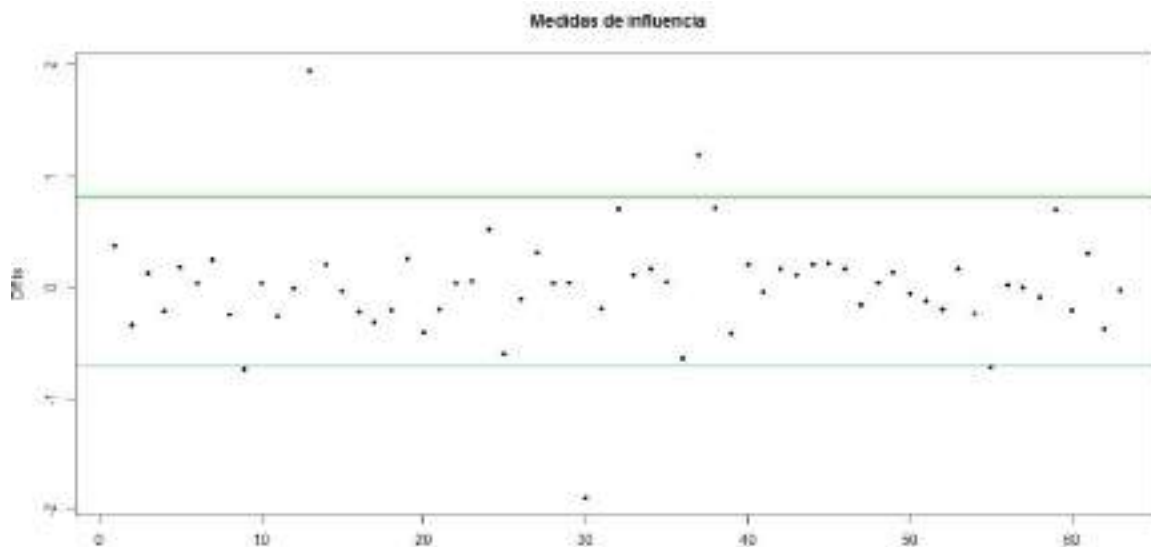
Como se dijo antes, estos nuevos modelos se harán cambiando la variable CONS_AGUA_REAL por el cociente CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRI_COM para un modelo y por el cociente CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRI_CULT, para otro modelo ya que como estas variables son sumamente correlacionadas con CONS_AGUA_REAL, entonces al incluirla se espera que tenga un comportamiento similar sobre el modelo.

- *Modelo 6.*

Este nuevo modelo se realiza de nuevo sobre todos los individuos de la muestra, encontrando lo siguiente:

Modelo 6					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(AREA_CULT_IRRIG),log(CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRICOM),log(V_PAGO_JOR+1),log(VENTA_AGR_RIEG_5I),log(SEM_PLANT+1).					
Variable	Coefficiente estimado	Error estandar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	-4.2864	1.3707	3.1130	0.0029	Significativo
log(AREA_CULT_IRRIG)	0.1729	0.0800	2.1610	0.0350	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRICOM)	-0.1544	0.0306	-4.2230	0.0001	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0359	0.0140	-2.5580	0.0133	Significativo
log(VENTA_AGR_RIEG_5I)	0.8420	0.0815	10.3270	0.0000	Significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0154	0.0064	-2.4100	0.0193	Significativo
TOMATE	0.2824	0.1070	2.4520	0.0174	Significativo

Notemos que nuevamente fue incluida la variable TOMATE y el intercepto, en este caso todas las variables fueron significativas. Nuevamente se evalúa la presencia de observaciones influyentes en el modelo con lo que obtenemos que las observaciones 13, 37, 59, 30 son observaciones influyentes.



Al retirar estas observaciones del conjunto hay un cambio sobre el valor de los coeficientes del modelo.

- *Modelo 7.*

Al retirar las observaciones influyentes del modelo anterior y ajustando un nuevo modelo se tiene:

Modelo 7					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(ÁREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRI_COM), log(V_PAGO_JOR+1), log(VENTA_AGRI_REG_SII), log(SEM_PLANT+1).					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	2.5395	1.4234	1.7840	0.0803	Significativo a un nivel del 30%
log(ÁREA_CULT_IRRIG)	0.1751	0.0754	2.3210	0.0241	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRI_COM)	-0.0900	0.0545	-2.6870	0.0103	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0995	0.0338	-2.9240	0.0067	Significativo
log(VENTA_AGRI_REG_SII)	0.9622	0.0796	12.0920	0.0000	Significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0176	0.0455	-3.8840	0.0025	Significativo
TOMATE	0.2308	0.1033	2.2340	0.0298	Significativo

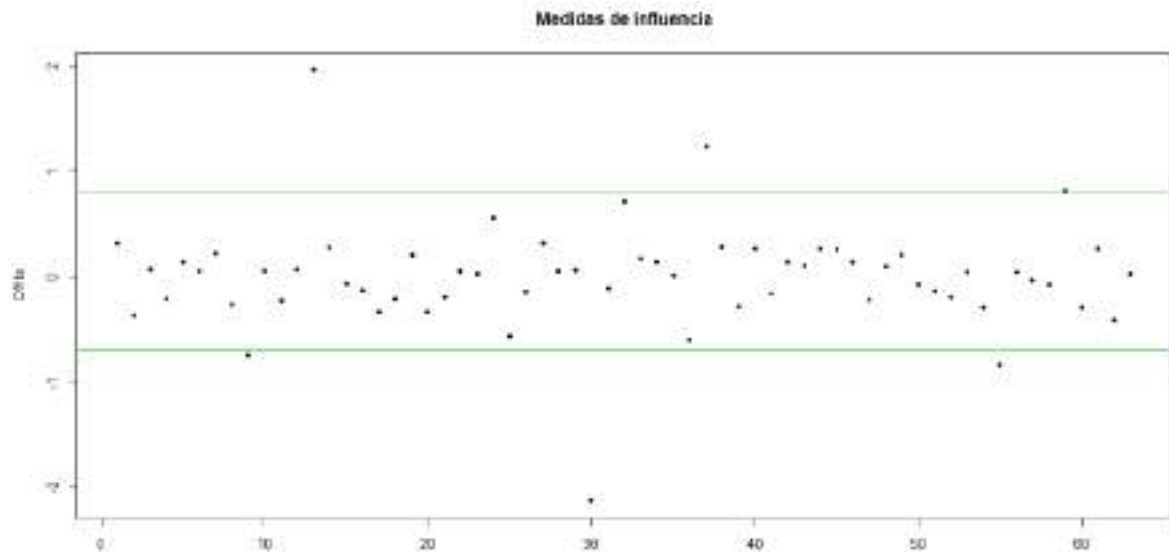
En este modelo todas las variables son significativas y se cumplen todos los supuestos.

- Modelo 8.

Análogo a lo calculado para el modelo anterior, se reemplaza la variable CONS_AGUA_REAL por CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRI_CULT obteniendo los siguientes resultados:

Modelo 8					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(ÁREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRI_CULT), log(V_PAGO_JOR+1), log(VENTA_AGRI_REG_SII), log(SEM_PLANT+1).					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	4.1120	1.3525	3.0410	0.0035	Significativo
log(ÁREA_CULT_IRRIG)	0.1855	0.0799	2.3206	0.0240	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRI_CULT)	-0.1530	0.0359	-4.2630	0.0001	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0971	0.0140	-2.6520	0.0104	Significativo
log(VENTA_AGRI_REG_SII)	0.8479	0.0811	10.4560	0.0000	Significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0152	0.0064	-3.2790	0.0008	Significativo
TOMATE	0.2300	0.1045	2.2390	0.0278	Significativo

Si bien este modelo cumple con todos los supuestos, a partir de las medidas de influencia se encontró que las observaciones 13, 37, 59, 30 y 55 son observaciones influyentes. Ajustando el modelo sin estas observaciones se tiene un nuevo modelo.



- *Modelo 9.*

Ajustando el modelo sin las observaciones influyentes, se obtiene:

Modelo 9					
Variable dependiente: logaritmo del Excedente familiar agrícola					
Variables independientes: log(ÁREA_CULT_IRRIG), log(CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRICULT), log(V_PAGO_JOR+1), log(VENTA_AGR_RIEG_SI), log(SEM_PLANT+1).					
Variable	Coefficiente estimado	Error estándar	Valor t	P-valor	Interpretación
Intercepto	3.3693	1.4587	2.3100	0.0250	Significativo
log(ÁREA_CULT_IRRIG)	0.2236	0.0771	2.9000	0.0055	Significativo
log(CONS_AGUA_REAL/ÁREA_AGRICULT)	-0.1137	0.0349	-3.2570	0.0020	Significativo
log(V_PAGO_JOR+1)	-0.0993	0.0333	-2.9850	0.0044	Significativo
log(VENTA_AGR_RIEG_SI)	0.9250	0.0806	11.4800	0.0000	Significativo
log(SEM_PLANT+1)	-0.0178	0.0054	-3.3060	0.0017	Significativo
TOMATE	0.2627	0.1017	2.5830	0.0127	Significativo

En este modelo todas las variables son significativas y el ajuste es bastante bueno.

Ahora con las pruebas anteriores se presentan dos modelos alternativos:

$$\text{LN(EXC_FAM_AGR)} = 2,5391 + 0,1751\text{LN(ÁREA_CULT_IRRIG)} - 0,0920\text{LN(CONS_AGUA_REAL/AGRI_COM)} - 0,0955\text{LN(V_PAGO_JOR+1)} + 0,9622\text{LN(VENTA_AGR_RIEG_SI)} - 0,0176\text{LN(SEM_PLANT+1)} + 0,2308\text{TOMATE}$$

$$\begin{aligned} \text{LN(EXC.FAM.AGR)} &= 3.3693 + 0,2236\text{LN}(\text{AREA_CULT_IRRG}) - \\ &0,1137\text{LN}(\text{CONS_AGUA_REAL/AREA_AGRI_CULT}) - 0,0993\text{LN}(\text{V_PAGO_JOR}+1) + \\ &0,9250\text{LN}(\text{VENTA_AGR_RIEG_SI}) - 0,0178\text{LN}(\text{SEM_PLANT}+1) + 0,2627\text{TOMATE} \end{aligned}$$

Supuestos							
	R ²	R ² AJUSTADO	Buena especificidad del modelo- p-valor de la prueba RESET DE RAMSEY	Valor esperado de los errores igual a cero	Homoscedasticidad, p-valor de la prueba Koenker	Multicolinealidad - Coeficiente Kappa	Normalidad de los errores. p-valor de la prueba Shapiro Wilk
Modelo 1	0,93	0,92	0,15	-3,69E-12	0,32	22,58	0,14
Modelo 2	0,95	0,95	0,55	2,42E-12	0,19	23,33	0,26
Modelo 3	0,95	0,95	0,52	-8,50E-13	0,70	23,41	0,21
Modelo 4	1,00	1,00	0,39	6,47E-04	0,61	6,53	0,06
Modelo 5	1,00	1,00	0,33	-3,80E+02	0,51	5,90	0,06
Modelo 6	0,93	0,92	0,38	-2,10E-11	0,50	23,02	0,14
Modelo 7	0,95	0,95	0,55	1,71E-17	0,74	25,64	0,01
Modelo 8	0,93	0,92	0,38	-1,65E-11	0,52	22,87	0,26
Modelo 9	0,95	0,95	0,64	-4,84E-12	0,74	26,43	0,44

Tabla 1. Verificación de supuestos.