

**Adopción de riego presurizado en sistemas basados en papa (*Solanum tuberosum* L.) en los Andes de Perú****J.W. Terrones-Monsalve<sup>1</sup>; O.E. Ortíz-Oblitas<sup>2</sup>/\****Recibido: 17/11/2018**Aceptado: 21/12/2018**Accesible en línea: Diciembre de 2018***Resumen**

Existe poca literatura que describe cómo la innovación para el mejoramiento del manejo del agua en los Andes, en sistemas basados en papa, es adoptada y cuáles son los factores que influyen para ello. El estudio se centró en una experiencia en el norte de Perú sobre la adopción de riego presurizado (aspersión y microaspersión) entre los años 2004 y 2013, con el objetivo de determinar los factores que influyen en la adopción y cuáles son sus consecuencias en los sistemas de cultivo basados en papa. La metodología del estudio de caso se hizo con 156 familias utilizando cuestionarios y grupos focales. Para la adopción del riego presurizado, los agricultores requerían conocimientos (software), infraestructura (hardware) y organización (orgware), y la adopción se vio influenciada por variables del capital humano, social, financiero y físico, como la edad, la educación, el nivel económico, conocimiento de la tecnología, acceso a capacitación, pertenencia y participación en organizaciones de riego, y distancia de la finca al mercado local. Las consecuencias de la adopción del riego presurizado fueron un mayor número de campañas agrícolas por año, incluyendo papa, y un mayor rendimiento de los cultivos, una menor demanda de mano de obra en el manejo del riego, ahorro de tiempo, diversificación de cultivos y ganadería (cuyes y vacunos), y mayor área de cultivo en la estación seca. La tecnología aumentó las opciones productivas para los sistemas de subsistencia de los agricultores mayormente paperos, particularmente durante la estación seca.

**Palabras claves adicionales:** Innovación, aspersión, microaspersión, adopción, sistemas.**Adoption of pressurized irrigation in potato (*Solanum tuberosum* L.) based systems in the Andes of Peru****Summary**

There is limited literature that describes adoption and which factors influence innovations to improve water management for potato-based systems in the Andean Region. The study was based on an experience in Northern Peru about adoption of pressurized irrigation systems that took place between 2004 and 2013, and had the objectives of determining the

---

\* Autor para correspondencia: [o.ortiz@cgiar.org](mailto:o.ortiz@cgiar.org)

<sup>1</sup> Responsable del Área de Producción Agrícola de la ONGD Escuela Campesina de Educación y Salud, Cutervo, Cajamarca, Perú

<sup>2</sup> Director General Adjunto de Investigación y Desarrollo, Centro Internacional de la Papa; Profesor Visitante, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

factors that influence the adoption and which are its consequences in potato-related cropping systems. The methodology for the study involved applying questionnaires to 156 families complemented with focus groups. For pressurized irrigation systems to be adopted, farmers required knowledge (software), infrastructure (hardware) and organization (orgware), and the factors that influenced the adoption included variables of human, social, financial and physical capital such as age, education, economic level, knowledge of the technology, access to training, participation in irrigation organizations and distance of the farm to the local market. The consequences of the adoption included a higher number of cropping seasons per year, including potato, and higher yield of crops, less labor demand for irrigation, time savings, diversification of crops and livestock (Peruvian guinea pigs and cattle), increased area of crops in the dry season. The technology increased the production options for subsistence-oriented potato farmers.

**Additional keywords:** Innovation, sprinkling, micro-sprinkling, adoption, systems.

### Introducción

Para enfrentar los riesgos que plantea el cambio climático y el incremento poblacional para las comunidades rurales, existe la necesidad de desarrollar e implementar innovaciones tecnológicas, como las tecnologías de riego, que puedan contribuir a la intensificación sostenible de la agricultura. Según Chevallier *et al.* (2011) y Buytaert *et al.* (2006), el agua se convertirá en un recurso escaso en los Andes en un futuro próximo, lo que afectará los sistemas alto Andinos basados en papa. Por tanto, es necesario comprender los factores que influyen en la adopción de innovaciones que puedan ayudar a los agricultores a adaptarse al cambio climático.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI, 2009) indica que el 62.4% de los agricultores del país vive en la zona Andina, donde el 61.2% de la población rural se considera pobre. Los agricultores en esas áreas enfrentan diversas restricciones que incluyen: bajos niveles de educación (13.1% son analfabetos); acceso limitado a agua potable (37.3%), a sistemas de alcantarillado (15.9%) y a electricidad (58%); tienen opciones de ingresos limitados; asistencia técnica insuficiente;

y condiciones climáticas extremas y muy desafiantes. Aunque la pobreza a nivel nacional en Perú se redujo de 54.8% a 31.3% entre 2001 y 2010, según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES) (2012), esta disminución no fue homogénea y las brechas entre las poblaciones rurales y urbanas se hicieron más amplias.

La mayor parte de la producción agrícola del Perú (70%) proviene de pequeños agricultores, quienes desempeñan un papel esencial en la seguridad alimentaria (Eguren, 2006). La agricultura contribuye con el 7.5% del Producto Bruto Interno del país (PBI) y emplea al 37,8% de la población económicamente activa (INEI, 2009).

Se estima que hay alrededor de 820,000 familias productoras de papa en Bolivia, Ecuador y Perú (la mayoría en Perú). El 68% de la producción de papa se concentra en la zona Andina del Perú y se realiza mayormente en secano entre setiembre y mayo (Devaux *et al.*, 2010). El cultivo de papa en el Perú se produce desde el nivel del mar hasta los 4,200 m.s.n.m. y constituye la base de la alimentación, su cultivo ofrece más de

110,000 puestos de trabajo, es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias, genera trabajo para 34 millones de jornales por año (MINAGRI, 2013). Según el INEI (2013), en la región sierra se concentra el 96% de la superficie sembrada de papa en el país.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2008) sostiene que el cambio climático está influyendo en la dinámica de la agricultura y los sistemas de subsistencia de las poblaciones rurales de la zona Andina. A medida que el cambio climático altera los patrones climáticos en los Andes, la dependencia de la lluvia se ha convertido en una de las principales vulnerabilidades de los agricultores de la región. Los recursos hídricos son cada vez más escasos, lo que crea una necesidad urgente de mejorar la eficiencia del uso del agua para la producción de alimentos, especialmente de un cultivo tan importante como la papa.

En la búsqueda de opciones para mejorar la eficiencia del uso del agua, varias organizaciones públicas y privadas están promoviendo tecnologías de ahorro de agua, como los sistemas de riego presurizado, con el objetivo de tener un impacto social, económico y ambiental positivo en los medios de vida de los pequeños agricultores (FAO, 2008; PNUD / UNDP 2006; Jauregui *et al.*, 2009). Según estudios comparativos entre países, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2006) revela que los niveles de pobreza en las áreas con sistemas de riego son entre 20% y 30% más bajos que las áreas sin sistemas de riego.

Según el Cuarto Censo Nacional Agropecuario, realizado en 2012 (INEI, 2013), el 6.6% (2'579,899 has.), de la superficie agropecuaria del Perú tiene

acceso al agua de riego, del cual solo el 70% (1'808,302 has.) es aprovechada con cultivos. De estas 1'808,302 ha, el 88% utiliza riego por gravedad y solo el 12% utiliza riego presurizado, y la mayoría de las fincas que cuentan con riego presurizado se ubican en la región costera de Perú (Programa Subsectorial de Irrigaciones – PSI, 2009).

El uso del riego presurizado en la región Andina es extremadamente limitado y hay poca información sobre los factores que influyen en su adopción y los beneficios derivados, especialmente en sistemas de cultivo basados en papa. Esta investigación se realizó para determinar los factores que influyen en la adopción de sistemas de riego presurizado (aspersión y microaspersión) y sus consecuencias en los sistemas de producción de las familias de agricultores que cultivan papa y otros cultivos en la Sierra Norte del Perú. Los objetivos específicos incluyeron: (a) describir el proceso de introducción y difusión de sistemas de riego presurizado, (b) determinar en qué medida los agricultores han adoptado esta tecnología y los factores que han influido, y (c) identificar y describir las principales consecuencias de la adopción de sistemas de riego presurizado en agricultores que cultivan papa y otros cultivos en la zona alto Andina del Perú.

### **Materiales y Métodos**

La investigación se realizó en 18 comunidades ubicadas en las microcuencas de los ríos Chotano, Yatún y Guineamayo (8, 7 y 3 comunidades respectivamente), ubicadas en la sierra norte de del Perú entre los años 2011 y 2013. Las áreas se seleccionaron porque allí se promovió el riego presurizado desde el año 2004 hasta el 2010. Las dos primeras microcuencas se ubican en el

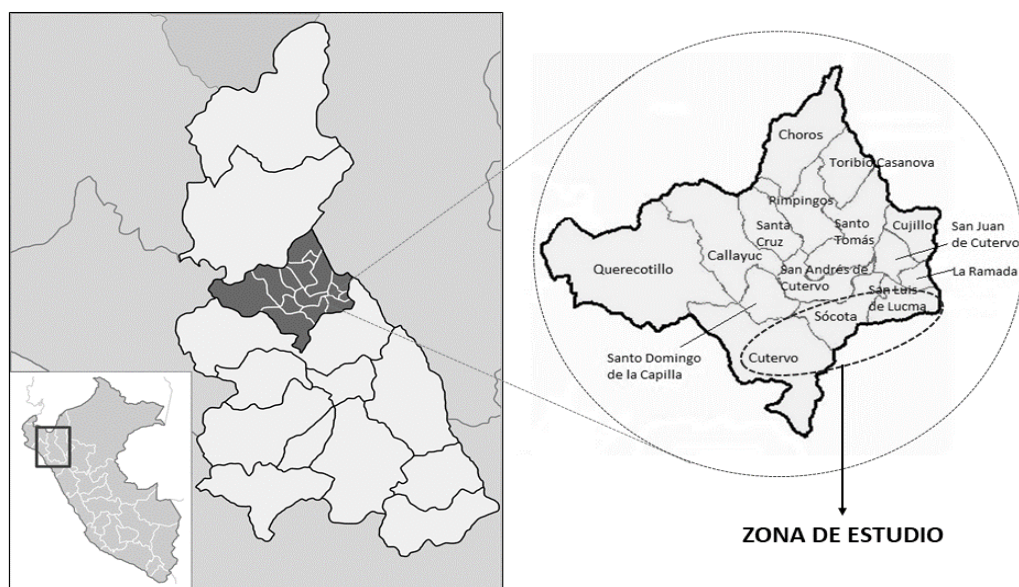
distrito de Cutervo y la tercera entre los distritos de Sócata y San Luis de Lucma, provincia de Cutervo, en el departamento de Cajamarca, Perú.

La provincia de Cutervo incluye 15 distritos (Figura 1), con una extensión de 3,046.02 km<sup>2</sup>, una población de 138,213 habitantes y una densidad poblacional de 41,7 habitantes / km<sup>2</sup> (INEI, 2007). Geográficamente, se encuentra a 5°40'39" de latitud sur y 78°30'00" de longitud oeste, la ciudad capital se ubica a una altitud de 2,649 m.s.n.m.

La agricultura es la actividad económica más importante en la zona de estudio, empleando al 70% de la fuerza laboral. La

provincia de Cutervo tiene 111,537.4 ha con potencial agrícola; el 97.29% está supeditada a la lluvia y el 2.71% se riega: 2% por gravedad y 0.7% por sistemas de riego presurizado (INEI, 2011).

Según el reporte agrícola realizado por la Agencia Agraria de Cutervo, dependencia del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2017; el principal cultivo es la papa, que ocupa el 32% del área agrícola (aproximadamente 5,150 ha por año), y constituye la principal fuente de ingresos económicos para las familias y un producto esencial en la canasta básica familiar.



**Figura 1.** Mapa de localización de la zona de estudio.

Un total de 156 familias rurales (917 personas) participaron en el uso de sistemas de riego presurizado instalados por la Escuela Campesina de Educación y la Salud (ESCAES), un organismo no gubernamental de desarrollo (ONGD) peruano que promovió esta tecnología

desde el año 2004 al 2010. Las familias son en su mayoría agricultores que viven en la pobreza, con un promedio de 5.88 miembros por familia y un ingreso familiar mensual de aproximadamente US \$ 70, proveniente principalmente de la agricultura y de la papa en particular.

Se seleccionó un informante de cada una de las 156 familias participantes. Se aplicó un cuestionario con preguntas relevantes al estudio y se hizo un muestreo estratificado, dividiendo la muestra en tres estratos: (a) microcuenca de Chotano, (b) microcuenca de Guineamayo, y (c) microcuenca de Yatún. La muestra total resultante fue de 86 agricultores (hombres o mujeres), de los cuales 28 viven en la microcuenca de Chotano, 19 en la microcuenca de Guineamayo y 39 en la microcuenca de Yatún.

Para el análisis, se incluyeron variables explicativas que incluyeron el capital humano (edad, educación, conocimiento de la tecnología y acceso a la capacitación), el capital social (pertenencia a organizaciones de riego y número de reuniones que realiza la organización de riego durante el año), el capital financiero (nivel económico y tamaño total de la finca), capital natural (acceso al agua de riego y ubicación de parcelas irrigadas), y capital físico (distancia de la finca al mercado local), que son variables que explican la innovación según Flora *et al.* (2004).

También se determinó la influencia de la adopción en los cambios ocurridos en el sistema productivo, incluyendo el número de campañas de cultivo por año (incluyendo la papa), la demanda de

mano de obra para actividades en la finca, y otros descritos en los resultados.

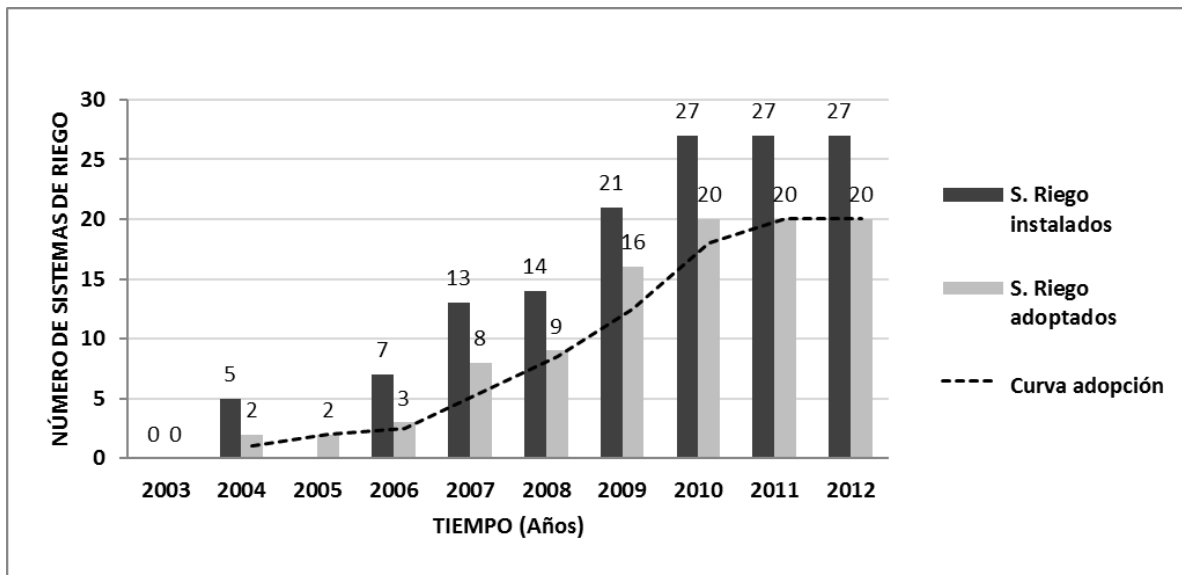
Durante los grupos focales (se realizaron 4 grupos focales, en cada grupo participaron 8 personas), se hicieron preguntas relevantes a la adopción del riego presurizado diferenciando las respuestas por la ubicación de los encuestados. Los datos se procesaron y analizaron utilizando el software SPSS y la triangulación de los resultados de las encuestas con evidencia proveniente de los grupos focales y la observación participante aumentaron la validez de los hallazgos.

## Resultados y Discusión

### Introducción y diseminación de sistemas de riego presurizado.

Los sistemas de riego presurizado se introdujeron en la provincia de Cutervo en el año 2000 por PRONAMACHCS, un programa nacional para el manejo de cuencas hidrográficas y conservación del suelo en la comunidad de Nuevo Capulcán. En el 2004, ESCAES instaló el primer sistema de riego presurizado en la Comunidad de Cuguid, con el apoyo de la Cooperación Española para el Desarrollo (ESCAES, 2005).

La Figura 2 muestra la curva de adopción acumulada de los 27 sistemas de riego presurizado instalados en el área de estudio desde el año 2004 hasta 2010.



**Figura 2.** Curva de adopción de sistemas de riego presurizado en el área de estudio.

La difusión de la tecnología en el área de estudio incluyó una primera etapa de introducción y observación de la tecnología en otros contextos (2000 a 2004), seguida de una etapa de prueba y aprendizaje (2004 a 2007) cuando pequeños sistemas de riego con una capacidad de almacenamiento de agua de  $90 \text{ m}^3$ , pudieron regar un total de 2.5 ha. Luego, se realizó una etapa de innovación (de 2007 a 2010), con la instalación de sistemas de riego medianos con capacidad de  $400$  a  $650 \text{ m}^3$  que irrigan de 5 a 20 ha. La última etapa constituyó la confirmación de la innovación (después de 2010), con la instalación de sistemas de riego con una capacidad de más de  $650 \text{ m}^3$  que irrigan más de 20 ha de tierras de cultivo.

Desde la introducción de la tecnología de riego en el 2004 hasta el 2010, se instalaron 27 sistemas de riego presurizado, que almacenaron un volumen total de  $8,694 \text{ m}^3$  de agua, regando 280.5 ha de tierras de cultivo y beneficiando a 156 familias en 18 comunidades.

ESCAES introdujo y difundió la tecnología a través de reuniones comunitarias y diversas actividades de desarrollo y fortalecimiento de capacidades sobre instalación, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas de riego, y se brindó asistencia técnica en sus campos.

#### **Adopción de sistemas de riego por aspersión.**

Rogers (1995) señala que la innovación requiere tanto los componentes físicos (equipos de riego y materiales en el caso en estudio) o "hardware", como el conocimiento e información sobre su uso, o "software". Pero la adopción de la tecnología también está vinculada a la organización, u "orgware", según lo definido por Leeuwis (2004) y Hall *et al.* (2005). La limitada coordinación entre organizaciones paperas ha sido reconocida como una de las principales debilidades de los sistemas de innovación de papa (Ortiz *et al.*, 2013). Por tanto, la organización en torno a los sistemas de riego permite a los participantes apoyarse entre sí, compartir información, generar conocimiento y compartir los costos de

las actividades de mantenimiento (Meinzen-Dick, 2002; Vera y Vincent, 2013; Gutiérrez, 2014).

Según el resultado de las encuestas y observación participante se pudo constatar que el 73% de los agricultores de la zona de estudio cultivan papa de manera permanente en sus fincas, el área promedio de cada parcela de papa es de 0.23 ha.; así mismo los resultados de la entrevista indican que el 100% de las familias consumen papa en un promedio de 6 días a la semana. Se estima que el consumo de papa promedio en el Perú ha subido de 65 a 85 kg per cápita en los últimos años (Ordinola *et al.*, 2017), pero en las zonas Alto Andinas el consumo puede sobrepasar los 100 kg por persona al año.

El 80.2% (69) de los agricultores entrevistados adoptó el sistema de riego por aspersión y el 19.8% (17) no lo hizo. Los agricultores que no adoptaron, dejaron de usar la tecnología porque no percibían una ventaja comparativa clara, o no tenían las condiciones adecuadas para usarla, como en el caso de fincas ubicadas en lugares de difícil acceso.

Del 80.2% de los agricultores que adoptaron el sistema de riego presurizado, el 11.6% se consideran adoptantes parciales, ya que adoptaron la innovación; pero no la aprovechan al máximo. Tienden a usar el riego presurizado solo una vez al mes, principalmente para regar pastizales, y no invierten en el mantenimiento del sistema. Entre los adoptantes, el 40.7% está clasificado como adoptante permanente sin intensificación: los agricultores que hacen un uso eficiente del agua, usan el sistema de riego dos o tres veces al mes, dan un mantenimiento mínimo al sistema (una o dos veces al año) y se han especializado en la producción de uno a tres cultivos

principales (incluyendo la papa), esencialmente con fines comerciales. Finalmente, 27.9% son considerados adoptantes permanentes con intensificación y diversificación. Estos son agricultores que hacen un uso óptimo del recurso hídrico: utilizan el sistema de riego más de tres veces al mes, realizan el mantenimiento regular del sistema (cada dos meses) e intensifican y diversifican su portafolio agrícola para consumo doméstico y para el mercado, priorizando cultivos comerciales como la papa y hortalizas.

El proceso de toma de decisiones de los agricultores para adoptar la tecnología de riego presurizado inicialmente siguió un proceso lineal similar al proceso de difusión descrito por Rogers (1995). Sin embargo, este proceso se enriqueció a través del aprendizaje permanente sobre cómo funciona la tecnología, siguiendo lo que Douthwaite *et al.* (2009) denominan "selección con aprendizaje" y Stone (2016) llama "aprendizaje ambiental, social y didáctico". Esto refuerza la necesidad de promover el aprendizaje a través de métodos apropiados adaptados a las condiciones culturales de los agricultores.

### **Factores que facilitan o limitan la adopción de los sistemas de riego presurizado**

#### **La influencia del capital humano en la adopción.**

Se analizó si las variables relacionadas con el capital humano (edad, nivel de educación del agricultor, conocimiento de la tecnología y el número de capacitaciones recibidas por los agricultores en temas de riego presurizado) influyeron en la intensidad de la adopción de los sistemas de riego presurizado utilizando la correlación no paramétrica de Rho de Spearman.

Se observa una correlación negativa entre la edad del agricultor y la intensidad de adopción (-0.256); es decir, cuantos más jóvenes son los agricultores, mayor es la adopción de sistemas de riego presurizado. Esto puede deberse al mayor nivel de educación de los agricultores más jóvenes, pero también en su mayor participación en sesiones de capacitación.

La correlación entre el nivel de educación y la intensidad de la adopción de los sistemas de riego presurizado fue significativa (0.249 \*), lo que indica que a mayor nivel de educación, mayor será la adopción. La influencia de la educación en la adopción del riego también es reportada por Koundouri *et al.*, (2006), aunque en otro contexto. Alcón (2007) también afirma que las personas que tienen un nivel más alto de educación generalmente adoptan una tecnología más rápido. Sin embargo, Pannell *et al.* (2006) indica que más importante que el nivel de educación es la participación en sesiones de capacitación apropiadas.

La relación entre el conocimiento de la tecnología (instalación y manejo del riego por aspersión) y la adopción mostró una correlación positiva significativa (0.651 \*\*). Esto indica que, debido a que la tecnología involucra conocer el manejo de los equipos y la infraestructura, cuanto mayor es el conocimiento de su funcionamiento, mayor es la tasa de adopción. La influencia del conocimiento en la adopción de tecnologías intensivas, como el manejo integrado de plagas en los Andes, ha sido reportada por Ortiz *et al.*, (2004) y Godtland *et al.*, (2004). Del mismo modo, la cantidad de sesiones de capacitación a las que asistieron los participantes también se correlacionó de manera positiva y significativa con la adopción (0,534 \*\*). La importancia de la capacitación para la adopción también lo destaca He *et al.* (2007).

Los resultados indican la importancia del conocimiento para la adopción de tecnologías, particularmente si estas se relacionan a agricultura sustentable, y refuerzan el argumento de que los gobiernos nacionales y locales prioricen sistemas de extensión y capacitación que permitan adquirir nuevos conocimientos y tecnologías a pequeños agricultores en los Andes.

### **Influencia del capital social en la adopción.**

La correlación entre la pertenencia en algún tipo de organización de riego y la adopción también fue significativa (0.349 \*\*). Los agricultores (80.2%) que pertenecían a una o dos organizaciones de riego, tenían más probabilidades de adoptar la tecnología en comparación con los agricultores que no pertenecen a ninguna organización. También hubo una correlación significativa (0.288 \*) entre el número de reuniones (indicador de formalización de la organización) llevadas a cabo por las organizaciones de riego durante el año y la intensidad de la adopción.

Ser miembros de una organización aumenta el capital social, lo que permite que los agricultores se relacionen entre sí y compartan experiencias, influyendo en la adopción y mejor uso del sistema de riego presurizado, especialmente cuando los agricultores ven los beneficios que se han generado en las fincas de otros miembros del grupo. Esto confirma la relación entre "orgware" y la adopción de la innovación, según lo indicado por Leeuwis (2004), y Hall *et al.*, (2005); y también la importancia de la organización para la gestión del riego, como lo indican Meinzen-Dick (2002) y Vera y Vincent (2013). Las nuevas organizaciones de agricultores para administrar sistemas de riego modernos deberán encontrar un



lugar dentro del rango de riego formal e informal prevaleciente en los Andes, como lo indica Gutiérrez (2014). Reforzar la organización de pequeños agricultores es otra prioridad pensando en la adopción de tecnologías para adaptación al cambio climático.

### **Influencia del capital financiero en la adopción.**

Existe una correlación significativa (0.259 \*) entre la variable del status económico (bajo, medio y alto, según la propia clasificación de los agricultores) y la intensidad de adopción. Esto indica que cuanto más alto sea el nivel económico del agricultor, mayor será la intensidad de la adopción del sistema de riego presurizado, este resultado concuerda con lo sostenido por el CIMMYT (1993) que indica que los agricultores con mayores recursos económicos pueden ser los primeros en adoptar una nueva tecnología que demande gasto ya que pueden manejar mejor el riesgo. He *et al.* (2007) y Peterson (2014) informan hallazgos similares para otros contextos cuando evalúan los factores que influyen en la adopción de prácticas agrícolas climáticamente inteligentes.

La correlación entre el tamaño de la finca (también un indicador indirecto del nivel socioeconómico) y la intensidad de la adopción de la tecnología de riego presurizado no mostró significación estadística (0.173). Aparentemente, la tecnología no es atractiva para los agricultores con fincas muy pequeñas (menos de 0.5 ha); pero tampoco es atractiva para aquellos con fincas grandes, debido a un mayor nivel de inversión requerido para instalar sistemas de riego para cubrir grandes áreas. Además, la geografía muy heterogénea del sitio de estudio también implica desafíos para la

instalación de sistemas de riego en áreas más grandes.

Es importante tener en cuenta que todos los materiales para la instalación del sistema de riego fueron donados a los agricultores por la ONG, por lo que los agricultores no tuvieron que invertir sus propios fondos para la instalación, lo que facilitó la adopción. Sin embargo, los agricultores invirtieron su mano de obra para la construcción de reservorios e instalación del sistema, y los agricultores cubren los costos de mantenimiento y renovación de los sistemas de riego con sus propios recursos. Por lo tanto, los beneficios que la tecnología puede generar deberían hacer que el sistema sea sostenible en el tiempo. Las instituciones deberían priorizar sistemas de apoyo con financiamiento para que los pequeños productores puedan adoptar tecnologías apropiadas como sistemas de riego que mejoren la eficiencia del uso del agua.

### **Influencia del capital físico en la adopción.**

Para determinar la correlación entre el capital físico y la intensidad de la adopción de sistemas de riego presurizado, se utilizó la variable distancia de la finca al mercado local, lo que indirectamente implica el acceso a la infraestructura de transporte.

Se observó una correlación significativa (0.246 \*) entre la distancia de la finca al mercado local y la intensidad de la adopción de sistemas de riego presurizado (aspersión y microaspersión), lo que indica que los agricultores que están más alejados del mercado local tienden a adoptar los sistemas de riego a presión con mayor facilidad. En términos generales, los agricultores que viven lejos de los mercados dependen únicamente de la producción agrícola para obtener alimentos y diversificar cultivos o

ganadería, por lo tanto, deberían estar más interesados en adoptar el riego presurizado, por su parte los agricultores que viven cerca al mercado local tienen otras prioridades a parte de la agricultura y se desempeñan en otros trabajos (albañiles, comerciantes, transportistas, etc.).

### **Consecuencias de la adopción de sistemas de riego presurizado en los medios de vida de las familias.**

#### **Consecuencias de la adopción de sistemas de riego presurizado en elementos específicos del capital financiero.**

Esta parte del estudio tuvo como objetivo determinar los resultados de la adopción de sistemas de riego presurizado en ciertas variables relacionadas con el capital financiero: número de campañas de cultivo en el año, demanda de mano de obra, ahorro de tiempo, rendimiento de los cultivos en la estación seca e introducción de nuevos cultivos y ganaderías rentables.

Se encontró una correlación significativa (0.673 \*\*) entre la intensidad de la adopción de los sistemas de riego y el número de campañas de cultivo por año. La mayor parte de la producción agrícola en el área depende de la lluvia, lo que limita a los agricultores a una campaña principal de cultivo. Sin embargo, cuando los agricultores tienen acceso al agua a través del riego presurizado, pudieron aumentar el número de campañas de cultivo en el año. Por ejemplo, los agricultores adoptantes del riego presurizado, manifestaron que siembran papa en época seca y el precio de venta es 50% más alto en comparación con la campaña de papa tradicional, debido a que en esta época del año no hay cosechas en otros lugares y la demanda de los consumidores es insatisfecha. Esto

coincide con FAO (2008) y Jauregui *et al.* (2009) que indican que la producción bajo riego permite regular las fechas de siembra y programar la producción en función de los buenos precios del mercado.

Los agricultores adoptantes indicaron que, en el caso del maíz, la papa y los frijoles, han agregado una campaña de cultivo en el año, y en el caso de las hortalizas, dos o más campañas de cultivo. Esta información muestra claramente que se puede diversificar e intensificar en la misma área de terreno, haciendo un uso más eficiente de los recursos. Además, sembrar en la estación seca, trae consigo una disminución en el ataque de plagas, tal como lo afirma Orrego *et al.* (2011) quien sostiene que cuando las condiciones del clima lo permiten o cuando hay riego, se debe adelantar la siembra de manera que se escape del ataque de los insectos y enfermedades (tizón tardío en particular) que se presentan en la época normal de la siembra.

La correlación entre la intensidad de adopción y la demanda de mano de obra en la estación seca también fue significativa (0.537 \*\*). Dado que la adopción influye en el número de campañas de cultivo, esto a su vez aumenta la demanda de mano de obra en la finca (29 días laborales en promedio por familia durante la estación seca que dura seis meses) para trabajar en nuevos cultivos como la papa o actividades ganaderas. Los hallazgos confirman las observaciones del ITDG (2005), en el sentido de que los sistemas de riego presurizado facilitan la generación de trabajo para los miembros de la familia.

Un resultado adicional de los sistemas de riego podría ser la reducción de la migración estacional. Un 73.2% de los

agricultores mencionó que tener una mayor demanda de mano de obra familiar para actividades en la finca, como tener un cultivo más de papa, durante la estación seca ayudó a reducir la migración, mientras que el 19.8% (agricultores que no adoptaron) indicó que la migración había aumentado, ya que sin agua no tienen posibilidad de trabajar la zona.

La correlación entre la intensidad de la adopción y el ahorro de tiempo para actividades de riego fue altamente significativa (0.597 \*\*), lo que indica que, a mayor intensidad de la adopción del riego presurizado, los agricultores ahorran tiempo que pueden dedicar a otras actividades dentro o fuera de la finca. Los agricultores adoptantes ahorran, en promedio, 147.2 horas, equivalentes a 18.4 días hábiles durante la estación seca de seis meses, lo que les permite ahorrar aproximadamente US \$ 87 por familia. Este ahorro se refiere a la diferencia entre las horas dedicadas a la gestión del riego por canal y las horas requeridas para la gestión del riego presurizado durante la estación seca.

Con respecto a la correlación entre la adopción y los rendimientos de los cultivos de la estación seca reportados por los agricultores, los resultados mostraron una correlación muy significativa (0.846 \*\*), lo que indica que a mayor adopción de riego presurizado, los rendimientos de sus cultivos durante la estación seca tienden a ser mayores. Esto no es sorprendente teniendo en cuenta que, según el PNUD (2011), las tierras irrigadas producen dos o tres veces más que las tierras de secano.

Los datos recopilados de la observación de los participantes y los grupos focales indican que la producción de frijoles aumentó de 209.11 kg / ha a 534.61 kg /

ha, y la papa de 4.650,71 kg / ha a 10,363 kg / ha (reportes más recientes de la oficina Agraria de Cutervo citan incrementos de hasta 17, 200 kg/ha) donde se utilizó el riego presurizado en época seca. Aun así, 10 t / ha de papa es un rendimiento relativamente bajo debido a otros factores limitantes, como la calidad del suelo y la semilla, el manejo de la fertilización, el manejo de insectos y enfermedades, entre otros (Winters *et al.*, 2006).

Se estimó una correlación muy significativa entre la intensidad de la adopción y la introducción de nuevos cultivos rentables o de nuevas especies ganaderas en la estación seca (0.681 \*\*). En el caso de los cultivos, el 56.2% de los agricultores dijo que había introducido hortalizas en su sistema de producción, el 6.8% introdujo cultivos de pastos y el 8.1% indicó que introdujo papa y legumbres (frijol y arveja) en la estación seca (una campaña adicional). Algunos agricultores también introdujeron ganado: el 9.1% de los agricultores dijo que habían agregado cuyes y vacunos porque pudieron cultivar forraje adicional durante la estación seca. Por otro lado, los agricultores no adoptantes (19.8%) dijeron que no habían introducido nuevas especies de cultivos o ganado en sus sistemas de producción. Esto confirma que el riego da a las familias la confianza para diversificar e intensificar sus cultivos y ganado con la introducción de nuevas variedades o especies de mayor valor y rentabilidad (Communal, 2016).

### **Consecuencias de la adopción de sistemas de riego presurizado en el capital natural.**

Hubo una correlación muy significativa entre la intensidad de la adopción y el número de cultivos en el sistema de producción (0.762 \*\*). Asimismo, hubo

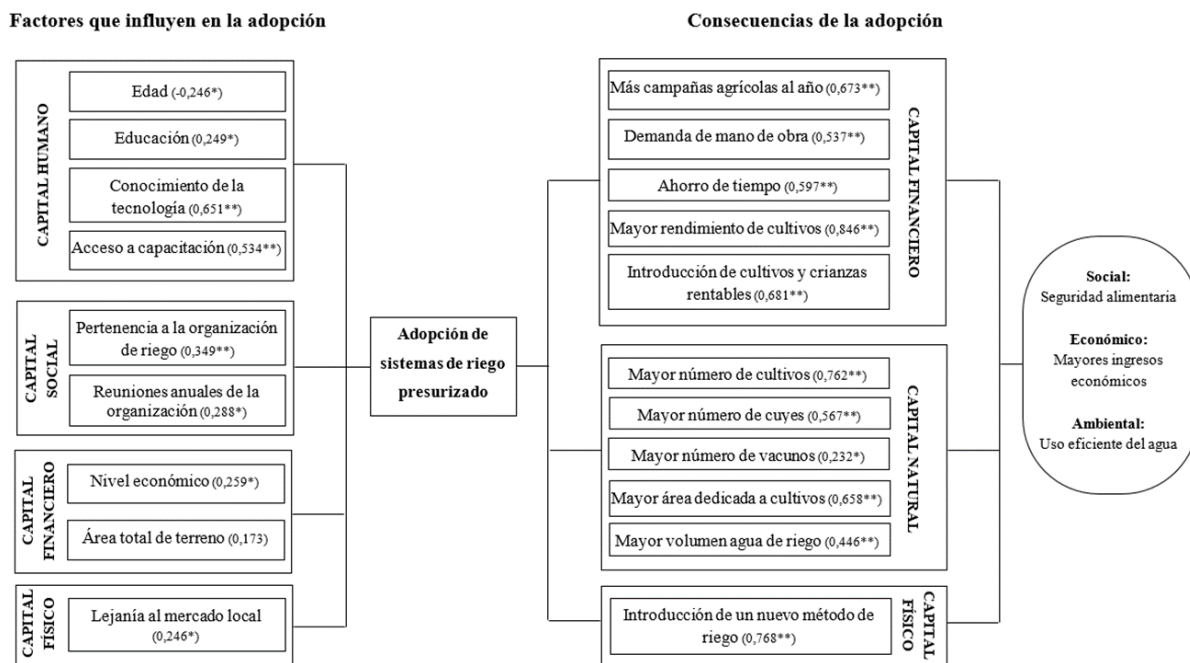
una correlación muy significativa con el número de cuyes (0.567 \*\*) y una correlación significativa con el número de vacunos (0.232 \*). Los agricultores adoptantes introdujeron hasta nueve cultivos, en especial en la época seca (papa, hortalizas, café, pastos, arveja, fríjol, maíz, ajo y frutales), un promedio de 25 cuyes y hasta 2 vacas por familia.

También hubo una correlación altamente significativa entre la intensidad de adopción y el área de tierra bajo cultivo en la estación seca (0.658 \*\*). Cuanto mayor es la intensidad de la adopción de los sistemas de riego presurizado, mayor es el área que las familias cultivaron en esta época, lo que les permitió intensificar su producción de alimentos tanto para el consumo familiar (50.2% de la producción) como para el mercado local (42.8% de la producción) y el 7% restante se guardó y utilizó como semilla para sembrar en la finca. Según GIZ (2013), tener una mayor disponibilidad de agua para la producción agrícola permite ampliar el área de cultivos bajo riego con lo cual se aumenta los volúmenes de comercialización de productos agrícolas y pecuarios.

La correlación entre la intensidad de la adopción y el volumen de agua de riego disponible en la estación seca fue altamente significativa (0.446 \*\*), lo que indica que la adopción de sistemas de

riego presurizado es mayor donde hay un mayor volumen de agua disponible para irrigar los cultivos en la estación seca, resultante de la mayor capacidad de almacenamiento de los reservorios y la mayor eficiencia del riego presurizado en comparación con el riego por gravedad. En zonas de escasez de agua, es recomendable utilizar riego por aspersión o por goteo en el cultivo de papa, ya que es más eficiente que el riego por gravedad que consume entre 12,000 y 14,000 m<sup>3</sup> para producir 1 ha. de papa en los valles costeros (MINAGRI, 2013). Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2009), solo el 35% del sector agrícola en el Perú hace un uso eficiente del agua, mientras que el 65% no usa el agua de manera eficiente por falta de mejores técnicas de riego. Swiech *et al.* (2012) también destaca la importancia de la infraestructura de riego y los reservorios para el riego moderno en los Andes.

Los resultados muestran claramente que los beneficios generados por la adopción de sistemas de riego presurizado son muy positivos en cuanto a diversificación productiva, adaptación y mitigación del cambio climático en sistemas basados en papa en los Andes. Esto sugiere que este tipo de tecnologías deberían ser más ampliamente difundidas con el apoyo financiero, técnico y de capacitación respectivos.



**Figura 3.** Factores que influyen en la adopción de sistemas de riego presurizado y consecuencias en los medios de vida de las familias.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses en este artículo

### Referencias citadas

Agencia Agraria Cutervo. 2017. Reporte de Ejecución y Perspectivas de la Información Agrícola de la provincia de Cutervo 2015 - 2017. Cutervo. Perú.

Alcón, Francisco, J. 2007. *Adopción y difusión de tecnologías de riego en la región de Murcia*. Murcia. España: Ministerio de Agricultura y Agua.

Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2009. *Política y Estrategia de Recursos Hídricos en el Perú*. Lima, Peru: ANA.

Banco Interamericano de Desarrollo; Consorcio de Investigación Económica y Social. 2012. Perú: Atlas de la Pobreza

Departamental, Provincial y Distrital 2007-2009. Lima, Perú: BID, CIES. 67 p.

Buytaert, Wouter, Rolando Céleri, Bert De Bièvre, Felipe Cisneros, Guido Wyseure, Jozef Deckers, and Robert Hofstede. 2006. "Human impact on the hydrology of the Andean Paramos." *Earth-Science Reviews* 79: 53-72.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, (CIMMYT). 1993. *Adopción de tecnologías agrícolas*. México D.F. 85p.

Chevallier, Pierre, Bernard Pouyau, Wilson Suarez, and Thomas Condom. 2011. "Climate change threats to environment in the tropical Andes: glaciers and water resources." *Regional Environmental Change* 11: 179-187.

- Communal, Tamara, Nicolas Fayse, Sylvain Bleuze, and Byron Aceldo. 2016. "Effects at Farm and Community Level of the Adoption of Sprinkler Irrigation in the Ecuadorian Andes". *Irrigation and Drainage*. 65 (4): 559 - 567
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). 2013. Programa de Desarrollo Agropecuario Sustentable-PROAGRO. La Paz, Bolivia: GIZ.
- Devaux, A., Miguel Ordinola, Albéric Hibon, Ruben Florez (eds). 2010. El sector papa en la Región Andina: Diagnóstico y elementos para una visión estratégica (Bolivia, Ecuador y Perú). Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.
- Douthwaite, Boru, Nathalie Beaulieu, Mark Lundy, and Dai Peters. 2009. "Understanding how participatory approaches foster innovation." *International Journal of Agricultural Sustainability* 7 (1): 42-60.
- Eguren, Fernando. 2006. *La reforma agraria en el Perú: Consulta de expertos en reforma agraria en América Latina*. Santiago, Chile: CEPES.
- Escuela Campesina de Educación y la Salud (ESCAES). 2005. *Informe de Seguimiento al Proyecto: Desarrollo Nutricional a la Microcuena Chotano 2004*. Cutervo, Peru: ESCAES.
- Flora, Cornelia Butler, with Jan L. Flora and Susan Fey. 2nd ed. Boulder, CO: Westview Press, 2004. 372 pp. ISBN 0-8133-9769-3.
- Godtland, Erin, Elizabeth Sadoulet, Alain de Janvry, Rinku Murgai, and Oscar Ortiz. 2004. "The Impact of Farmer-Field-Schools on Knowledge and Productivity: A Study of Potato Farmers in the Peruvian Andes." *Economic Development and Cultural Change* 53 (1): 63-92.
- Gutiérrez, M., Alvaro M. 2014. "Informal Irrigation in the Colombian Andes: Local Practices, National Agendas, and Options for Innovation." *Mountain Research and Development* 33(3): 260-268.
- Hall, Andrew, Lynn Mytelka, and Banji Oyeyinka. 2005, *Innovation systems: what's involved for agricultural research policy and practice?* ILAC Brief 2
- He, Xue-Feng, Huhua Cao, and Feng-Min Li. 2007. "Econometric analysis of the determinants of adoption of rainwater harvesting and supplementary irrigation technology (RHSIT) in the semiarid Loess Plateau of China." *Agricultural Water Management* 89: 243–250.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2007. *XI Censo Nacional de Población y VI de Vivienda – Perú*. Consulted Sept. 17, 2012. Available at <http://censos.inei.gov.pe/censos2007/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2009. *Perú: Perfil del Productor Agropecuario 2008*. Lima, Peru: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2011. *Evolución de la Pobreza al 2010*. Lima, Peru: INEI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). 2013. *IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. Consulted Sept. 21, 2013. Available at <http://proyectos.inei.gov.pe/cenagro/tabulados/?id=ResultadosCensales>
- Intermediate Technology Development Group (ITDG). 2005. *Documento de Sistematización. Proyecto: Riego Tecnificado en el Distrito de los Baños del Inca – Cajamarca – Perú*. Cajamarca, Peru: ITDG.
- Jauregui, Patricia; Rene Olivares and Lucio Colque. 2009. *Efectos del riego en los ingresos de las familias campesinas*.

Cochabamba, Bolivia: Cooperación Técnica Alemana (GTZ.).

Koundouri, Phoebe; Celine Nauges and Vangelis Tzouvelekas. 2006. "Technology Adoption under Production Uncertainty: Theory and Application to Irrigation Technology." *American Journal of Agricultural Economics* 88, 657-670.

Leeuwis, Cees. 2004. *Communication for rural innovation: rethinking agricultural extension*. Oxford, UK: Blackwell Science.

Llosa, J.; Pajares, E.; Toro, O. 2009. Cambio Climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas. Lima, Perú: Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo.

Meinzen-Dick, R. 2002. "What Affects Organization and Collective Action for Managing Resources? Evidence from Canal Irrigation Systems in India." *World Development* 30: 649-666.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). 2013. Papa: Principales Aspectos Agroeconómicos. Lima, Perú: MINAGRI.

Ordinola, M.; Fonseca, C.; Bellido, F. 2017. Enfoque de cadenas para la valoración de la biodiversidad: El caso de las papas nativas. *17 Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA)*. Cajamarca (Peru). 29-31 Ago 2017. Lima (Perú). SEPIA. 28 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2008. *El desarrollo del microrriego en América Central: Oportunidades, limitaciones y desafíos*. Chile: FAO.

Orrego, R.; Manrique, K.; Quevedo, M.; Ortiz, O. 2011. Mejorando la calidad de nuestra semilla de papa mediante la

selección de las mejores plantas. Selección positiva. Guía de campo para agricultores. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, PE. 74p.

Ortiz, Oscar y Willy Pradel, 2009. *Guía introductoria para la evaluación de impactos en programas de manejo integrado de plagas (MIP)*. Lima, Peru: Centro Internacional de la Papa.

Ortiz, Oscar, Karen Garret, Jeremy Heath, Ricardo Orrego and Rebeca Nelson. 2004. "Management of potato late blight in the Peruvian Highlands: Evaluating the benefits of farmer field schools and farmer participatory research." *Plant Disease*. 88(5): 565-571.

Ortiz, Oscar, Ricardo Orrego, Willy Pradel, Peter Gildemacher, Renee Castillo, Ronal Otiniano, Julio Gabriel, Juan Vallejo, Omar Torres, Gebremedin Woldegiorgis, Belew Damene, Roger Kakuhenzire, Imelda Kasaija, Ignatious Kahiu. 2013. "Insights into potato innovation systems in Bolivia, Ethiopia, Peru and Uganda." *Agricultural Systems* 114:73-83.

Pannell, David, Graham Marshall, Neil Barr, Allan Curtis, Frank Vanclay, and Roger Wilkinson. 2006. "Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 1407-1424.

Peterson, Caitlin. 2014. *Local-level appraisal of benefits and barriers affecting adoption of climate-smart agricultural practices: Curití, Colombia*. Copenhagen, Denmark: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2006. *Informe sobre desarrollo humano 2006. La competencia*

*por el agua en la agricultura*. Barcelona, España: Grupo Mundial Prensa.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2011. *Informe sobre desarrollo humano 2011. Sostenibilidad y equidad, Un mejor futuro para todos*. Nueva York, US: Grupo Mundial Prensa.

Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI). 2009. *El Programa Subsectorial de Irrigaciones y la tecnificación del riego en el Perú*. Consulted Mar. 01, 2013. Available at <http://www.psi.gob.pe/docs/biblioteca/exposiciones/2009/PRESENTACION%20ING.%20ZUNIGA.pdf>

Rogers, E. 1995. *Diffusion of innovations*. New York: The Free Press.

Stone, Glen, D. 2016. "Towards a General Theory of Agricultural Knowledge Production: Environmental, Social, and Didactic Learning". *Culture, Agriculture, Food and Environment, The*

*Journal of Culture & Agriculture*. 38 (1): 5 -17.

Swiech, Theoclea, Maurits W. Ertzen, Carlos Machicao Pererya. 2012. "Estimating the impacts of a reservoir for improved water use in irrigation in the Yarabamba region, Peru." *Physics and Chemistry on the Earth, Parts A/B/C*. 47-48: 64-75.

Vera, Juana, and Linden Vincent. 2013. "Community Irrigation Supplies and Regional Water Transfers in the Colca Valley, Peru". *Mountain Research and Development* 33(3):195-206.

Winters, Paul, Luis Hernando Hintze, and Oscar Ortiz. 2006. "Rural development and the diversity of potatoes on farms in Cajamarca, Peru." In: *Valuing crop biodiversity: on-farm genetic resources and economic change* 146 – 161. Washington DC: CABI Publishing, IFPRI, IPGRI.