

Eficiencia de la producción de quinua en zonas altoandinas: el caso de Puno-Perú

The efficiency of quinoa production in high Andean areas: the case of Puno-Peru

Yiem Ataucusi¹ 

Waldemar Mercado² 

Roberto Ponce³ 

Carlos Orihuela⁴ 

Hugo Luna⁵ 

Hatzel Ortiz⁶ 

Raymundo Mogollon⁷ 

Recibido: 10/11/2022

Aceptado: 21/09/2023

DOI:10.32457/riem27.2047

Resumen

El objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia técnica y económica en la producción de quinua en el Departamento de Puno, Perú, mediante el uso del modelo de la función de producción estocástica. Para ello, se aplicaron encuestas presenciales a 461 productores, los cuales fueron segmentados según su práctica cultural (quechua y aymara) y su zona agroecológica (Circunlacustre, Suni y Puna). Los resultados indican que los aymaras son más eficientes que los quechuas. A nivel de zonas agroecológicas, la zona Suni presenta mayor eficiencia técnica del productor de quinua (0.74) en comparación con otras zonas. El promedio de todas ellas fue 0.68. Además, se encontró que en

1 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Contacto: yataucusi@lamolina.edu.pe

2 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Contacto: wmercado@lamolina.edu.pe

3 Universidad Del Desarrollo, Concepción. Contacto: robertoponce@udd.cl

4 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Contacto: corihuela@lamolina.edu.pe

5 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Contacto: hugoluna@lamolina.edu.pe

6 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Contacto: hortizbonett@gmail.com

7 Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Contacto: 20200858@lamolina.edu.pe

zonas donde predominan prácticas productivas tradicionales, la eficiencia técnica explica mejor la relación entre los insumos y los productores, ya que en su mayoría estos se sienten motivados a garantizar su seguridad alimentaria, en tanto, lograr eficiencia en costos no sería propósito de las economías familiares altoandinas, pues pocos productores se motivan a maximizar beneficios monetarios.

Palabras clave: eficiencia técnica, eficiencia económica, quinua, agrobiodiversidad, función de producción estocástica

Abstract

The objective of this research is to evaluate the technical and economic efficiency in the production of quinoa in the Department of Puno, Peru, through the use of the stochastic production function model. To achieve this, face-to-face surveys were applied to 461 producers, who were segmented according to their cultural practice (Quechua and Aymara) and their agroecological zone (Circunlacustre, Suni and Puna). The results indicate that the Aymaras are more efficient than the Quechuas. At the level of agroecological zones, the Suni zone has higher technical efficiency of the quinoa producer (0.74) compared to other zones. The average of all of them was 0.68. Furthermore, it was found that in areas where traditional productive practices predominate, technical efficiency better explains the relationship between inputs and producers, since most of them feel motivated to guarantee their food security, while achieving cost efficiency would not be purpose of high Andean family economies, since few producers are motivated to maximize monetary benefits.

Keywords: technical efficiency; economic efficiency, quinoa, agrobiodiversity, stochastic production function

1. Introducción

Al año 2025 se prevé que más de dos tercios de la población mundial padecerá una grave escasez de agua durante al menos un mes al año (Boretti y Rosa 2019). Hacia el año 2030 se estima que el 40 % de la población mundial experimentará un déficit hídrico severo (López-Serrano *et al.* 2020), cifra que aumentará al 50 % para el año 2050 (Aivazidou *et al.* 2021; Gupta *et al.* 2020). Asimismo, se anticipa una demanda de alimentos que, al año 2050, aumentaría en 60 % respecto a lo reportado en 2010, lo que requerirá mayor incorporación de tierras cultivables (Mostafiz *et al.* 2022; Boretti y Rosa 2019).

Las proyecciones de estrés hídrico y las limitaciones en la disponibilidad de terrenos de cultivos presentan un gran desafío para los países altamente dependientes del sector agrícola, especialmente para aquellos en los que una gran parte de la población se sostiene mediante esta actividad. En países en desarrollo, la agricultura es una fuente de ingresos y autoconsumo, y los agricultores tienden a diversificar sus cultivos como medida de aversión al riesgo, para resguardar sus ingresos y asegurar el autoconsumo (Baumgärtner & Quaas 2010; Birol *et al.* 2006). Para lograrlo, suelen establecer esquemas productivos basados en la agrobiodiversidad, que se refiere a la variedad de organismos vivos relacionados con los cultivos y la ganadería en un sistema agrícola, así como a los

organismos que habitan en un paisaje agrícola y a los conocimientos asociados a ellos (Jackson *et al.* 2007; Qualset *et al.* 2016).

En Perú, la agricultura familiar ocupa una posición preponderante al representar el 97 % del total de unidades agropecuarias, mayoritariamente concentradas en zonas altoandinas del país. Además, más del 83 % de los trabajadores agrícolas están involucrados en esta actividad (CENAGRO⁸ 2012). Aunque la diversificación de los cultivos es una estrategia común entre los agricultores para subsistir en estas áreas (Kahane *et al.* 2013), esta práctica va en contra de la lógica de la agricultura empresarial o agroindustrial la cual busca satisfacer las necesidades de la población en un mundo globalizado (Friedmann & McNair 2008).

Puno se encuentra en una de las zonas altoandinas del Perú donde se han domesticado varias especies vegetales como la quinua, cultivo que se desarrolla en ambientes de altura, con una elevada salinidad, y fluctuaciones climáticas extremas (Jacobsen *et al.* 2003; Golicz *et al.* 2020; Murphy *et al.* 2018). El manejo de este cultivo está basado en técnicas agrícolas ancestrales (Murphy *et al.* 2018) como el *waru-waru*, que consiste en la construcción de pantanos artificiales.

1.1. La quinua y su importancia en la agricultura peruana

En Perú se han domesticado y conservado diversas especies de granos de los Andes (Mujica & Jacobsen 2006; Tapia *et al.* 2014), que han sido cultivadas por más de 143 mil productores (CENAGRO 2012) quienes las utilizan para fines de autoconsumo y venta. Estos granos andinos proporcionan un valioso aporte nutricional, ya que sus proteínas reúnen todos los aminoácidos esenciales. Estas semillas son capaces de adaptarse a diferentes ambientes ecológicos y climas, siendo resistentes a la sequía, a suelos pobres y a una elevada salinidad. El cultivo se realiza desde el nivel del mar hasta 4000 metros de altitud y soporta temperaturas extremas que van desde -8 °C hasta 38 °C (Mujica 1997; Aladi-FAO⁹ 2014; FAO 2014).

En el año 2013, la FAO declaró el “Año Internacional de la Quinua” con el propósito de difundir su cultivo y consumo, tanto a fin de fortalecer la seguridad alimentaria como considerándolo una alternativa para enfrentar el cambio climático a nivel mundial (FAO 2014). En Perú, el cultivo de la quinua se expandió rápidamente, alcanzando a 19 departamentos durante el año 2014. En la Costa su cultivo se introdujo en el Departamento de Arequipa y se difundió al centro y norte del país (IICA 2015), generando adecuaciones en las instituciones y en la cadena productiva (Mercado 2018).

En Puno, la agricultura familiar representa al 99 % de los 212 mil productores, quienes manejan el 87 % de la superficie agropecuaria. En su mayoría, utilizan la fuerza de trabajo familiar que maneja pequeñas extensiones de tierra (MINAGRI¹⁰ 2015). Dentro de los productores de quinua en Puno, la mayoría de los ingresos familiares (87 %) provienen de actividades agropecuarias. Además, el

8 Censo Nacional Agropecuario.

9 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

10 Ministerio de Agricultura y Riego.

57% de los agricultores destina su producción al autoconsumo, mientras que el resto es destinado tanto al autoconsumo como a la venta, lo que refleja una clara lógica de producción orientada a la seguridad alimentaria local (Mercado *et al.* 2022).

Puno es el departamento que mantiene la mayor biodiversidad de quinua con más de 80 variedades distintas (Gómez & Eguiluz 2011). La producción agraria de la región se basa principalmente en la economía familiar, esta característica es importante porque las actividades de la economía campesina tienen implicancias tanto en la soberanía alimentaria de los países, como en la calidad de vida del poblador rural, en los alimentos que proveen y en el uso sostenible del agua, de la energía y de la tierra fértil (Van der Ploeg 2010).

1.2. Quinua y productividad

En el Perú, los pequeños y medianos agricultores tienen una productividad y un crecimiento productivo por debajo del promedio de los países de América Latina (MINAGRI 2015). Los sistemas de producción agrícola enfrentan factores que afectan su eficiencia, tales como costumbres, usos ancestrales, y otros aspectos que no suelen ser abordados en la evaluación de la eficiencia agrícola, al menos en el caso de un cultivo como la quinua (Mercado *et al.* 2022). En un contexto de pérdida de biodiversidad (TEEB 2010), exacerbado con la introducción de nuevas variedades mejoradas, como las transgénicas (Holt-Giménez & Altieri 2013), la agricultura basada en agrobiodiversidad enfrenta un enorme desafío hacia el futuro.

La presente investigación está orientada a explorar los niveles de eficiencia técnica y económica de un cultivo emblemático como la quinua, en un lugar que resguarda sistemas de agrobiodiversidad como es Puno, Perú. En este lugar del altiplano, predominan prácticas productivas, tradicionales, culturales y agroecológicas en la producción de quinua, según las cuales la lógica y prioridad de la agricultura familiar no necesariamente es el beneficio económico. En ese contexto, la investigación considera la estimación de modelos de eficiencia técnica y económica aplicados a estas economías rurales a fin de evaluar si sus resultados difieren sustantivamente de la lógica de otros sistemas de producción, como los vinculados a la economía de la empresa. Este resultado permite generar información con el objeto de plantear potenciales estrategias para mejorar la eficiencia de la producción, considerando las diferencias en las prácticas productivas y culturales en las diferentes zonas de producción del altiplano peruano.

2. Materiales y métodos

2.1. Lugar de estudio

El área de estudio abarca ocho provincias del Departamento de Puno, ubicado en el sureste de Perú y con una extensión que representa el 5.6 % de la superficie nacional (71 999 km²). Las provincias son: El Collao, Huancané, Lampa, Puno, Azángaro, Chucuito, San Román y Melgar (figura 1). El espacio geográfico se localiza, mayoritariamente a una altitud de entre 3812 msnm y

5500 msnm, la mayor parte de la población se asienta en el ámbito rural (52.7 %) (INEI11 2017) y la temperatura promedio oscila entre los 5 °C y los 13 °C, lo cual favorece el cultivo de granos andinos. En las provincias estudiadas se contabilizaron 2263 productores de quinua.

La metodología del estudio comprendió: (a) recopilar información de los hogares agrícolas según las dimensiones técnico-productiva y socio-económica; (b) sistematizar y analizar la información; (c) identificar los tipos de productores según agrobiodiversidad; y (d) evaluar los niveles de eficiencia técnica y económica.

Figura 1.

Mapa de la ubicación del estudio



Fuente: Elaboración propia.

2.2. Caracterización de los hogares agrícolas con agrobiodiversidad

La población considerada fue de 458 productores, el cálculo del tamaño muestral fue determinado con muestra para población finita y conocida, para luego aplicar encuestas en base a cuestionarios previamente elaborados. La información se ordenó y se analizó en sus dimensiones ambiental, económica y social. El análisis comprende la elaboración de una base de datos y la aplicación del programa Stata con la finalidad de caracterizar a los productores encuestados.

Para identificar tipos de producción agrícola según la agrobiodiversidad se efectuó la agrupación de productores en dos tipos, según prácticas culturales (Alvarado et al. 2016) diferenciadas en las zonas aymara y quechua, las mismas que refieren una acumulación de conocimientos prácticas, creencias, instituciones y visiones del mundo sobre las relaciones entre un grupo cultural y sus agroecosistemas (Calvet-Mir et al. 2018), lo cual se evidencia en la conservación de la diversidad biológica de modo tradicional y natural (Gómez-Arteta & Escobar-Mamani 2022).

Las sociedades andinas rurales se diferencian entre comunidades campesinas que conservan identidades culturales que las distinguen mutuamente (Ellis 1993). Respecto a la lengua materna, en el Departamento de Puno el 43 % de la población es hablante nativo de quechua, seguida por un 28 % hablante de castellano y un 27 % hablante de aymara. Cada una de estas lenguas se asocia con una marcada diferencia cultural (Ministerio de Cultura 2020), con la preservación de una cultura local, y con la gestión de distintos sistemas tradicionales del cultivo de quinua. Así, se tipifican hasta dos sistemas de producción por provincia: Azángaro (quechua y aymara), Chucuito (aymara), El Collao (aymara), Huancané (quechua y aymara), Lampa (quechua), Melgar (quechua y aymara), Puno (quechua y aymara), y San Román (quechua). Estos productores agrupan la diversidad de la quinua cultivada en el altiplano.

2.2.1. Productores según práctica cultural

Aymara: sistema de producción de rotación conocido como *aynoca* o *laymis* que consiste alternar periodos de cultivos con la papa, con leguminosas, con cereales y con la quinua. En las actividades agrícolas y ganaderas se puede encontrar diferencias de género, pues son los varones quienes se encargan de la roturación y preparación de la tierra, del aporque y la cosecha; mientras que las mujeres se dedican a la siembra, la selección, la preparación y el procesamiento de los alimentos para diversos usos. La mayor diversidad de los parientes silvestres de la quinua se encuentra, precisamente, en las *aynocas*, es decir en parte de Chucuito y El Collao (Mujica & Jacobsen 2006).

Quechua: predominan los sistemas agrícolas tradicionales que se caracteriza por poseer un complejo sistema de producción agrícola, con formas de transformación del suelo (camellones, pozas), así como con sistemas de irrigación y de rotación de cultivos, asociados al descanso regulado (Morlon 1996). La cultura quechua tradicional está asociada a tipos específicos de labranza (*chuki*, *t'aya*, *wachu*) y a herramientas propias de zonas de altura y apropiadas para la agricultura de pequeña extensión. Entre las herramientas quechuas se cuenta como la más característica la *chaquitaqlla* o arado de pie, instrumento que supone un trabajo en equipo para arar y roturar la tierra. Vale acotar que tanto quechuas como aymaras realizan el cultivo de la quinua una vez al año, puesto que la época de la lluvia es la que define el calendario de la siembra.

En lo referente a la extensión de territorio cultivado, las diferencias son significativas. Así, los hogares quechuas tienden a tener extensiones de quinua más grandes en comparación con los hogares aymaras (Tabla 1).

2.2.2. Zonas agroecológicas

La zona Circunlacustre: corresponde al área que bordea el lago Titicaca. En este territorio la quinua posee follaje verde y semilla blanca, se caracteriza por una reducida tolerancia a las heladas, y tiene potencial en el rendimiento debido al efecto termorregulador del lago, que reduce la amplitud térmica local (Quispe & Sotomayor 2022). Las altitudes de esta zona oscilan entre 3812 msnm y 3900 msnm, mientras que la precipitación pluvial total promedio anual fluctúa entre 650 mm y 750 mm y la temperatura promedio, para el mismo lapso, oscila entre 1 °C y 15 °C, con un período libre de heladas que se prolonga entre 150 y 180 días.

La zona Suni (Baja y Alta): posee una topografía extremadamente accidentada, con suelos erosionados y vegetación natural muy pobre. Abunda la quinua witullas, wilas y wariponchos con follaje rojo, morado y amarillo-naranja (Murphy et al. 2018), variedades que son cultivadas a una distancia intermedia del lago Titicaca. La altitud de esta zona oscila entre los 3800 y los 4000 msnm. En comparación con la zona Circunlacustre, la tolerancia a las heladas es menor. La temperatura promedio anual fluctúa entre -1 °C y 16 °C, en tanto que la precipitación pluvial total promedio anual varía entre 600 mm y 850 mm, con un periodo libre de heladas de 50 a 150 días.

La zona Puna: se caracteriza por fuertes descensos de temperatura (correspondientes a una oscilación térmica entre -16 °C y 14 °C) debido a la presencia de heladas durante el invierno (Quispe & Sotomayor 2022). En esta zona alejada del lago Titicaca —a unos 4000 msnm— se cultivan las variedades de quinua kcoitos o q'oitu las cuales poseen un aspecto muy similar a la quinua silvestre o ajaras, con semillas duras con pericarpio gris y episperma marrón o negra, alto contenido de proteína de grano, y tienen máxima tolerancia a condiciones ambientales extremadamente adversas (Murphy et al. 2018). La altitud de la Puna va desde los 3900 msnm hasta los 4800 msnm, en tanto que la precipitación pluvial total promedio anual comprende el margen entre 500 mm y 1000 mm, con un periodo libre de heladas que varía entre 30 y 110 días.

2.3. Evaluación de la eficiencia

Entre los antecedentes a esta corriente de investigaciones sobre eficiencia se encuentran Farrell (1957) y Charnes *et al.* (1978), quienes definen la eficiencia de manera diferente en los documentos iniciales (fundamentales). Farrell (1957) basa su definición en una escala proporcional necesaria para la observación de una unidad ineficiente que se proyecta en una función de producción eficiente (más tarde denominada “función de frontera”). Charnes *et al.* (1978), por su parte, define la eficiencia en un índice de salidas ponderadas en entradas ponderadas, restringiendo esta relación para que sea menor o igual a la de la operación más eficiente (normalizada a 1).

La literatura sobre evaluación de eficiencia aborda dos métodos: Fronteras Estocásticas de Producción (FEP) y el Análisis Envoltante de Datos (DEA). El primero, FEP, es estocástico y paramétrico para

estimar los coeficientes que determinan la función de producción. El segundo método, DEA, en cambio, es determinístico, no paramétrico: no asume ninguna forma funcional específica, sino que más bien utiliza los datos del nivel de productos e insumos para estimar, mediante programación lineal, un conjunto convexo que representa el nivel máximo de producción alcanzable (Charnes *et al.* 1978). Para el caso del cultivo de quinua, se utiliza el método FEP, siguiendo a Calisto (2010), Coras (2014), Alvarado (2015), Mercado *et al.* (2020 y 2022). Para ello, se establece inicialmente una función de producción del tipo Cobb-Douglas definida por la expresión (1):

$$Q = (Areaq)^{\beta_0} (Sem)^{\beta_1} (Mo)^{\beta_2} (Fer)^{\beta_3} \quad (1)$$

Donde Q es el nivel de producción de quinua (kg/ha), $Areaq$ es la extensión del cultivo quinua (ha), Sem es la cantidad de semilla (kg/ha), Mo es la cantidad mano de obra utilizada para producir unidades, y Fer es el nivel de fertilizantes (kg/ha). Los coeficientes, $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ constituyen los parámetros de retornos a escala. Aplicando logaritmo a (1) se obtiene la expresión (2) en donde el término $(v_i + u_i)$ constituye el error mientras que equivale a la ineficiencia técnica.

$$\ln Q = \alpha_0 + \beta_0 \ln(Areaq) + \beta_1 \ln(Sem) + \beta_2 \ln(Mo) + \beta_3 \ln(Fer) + (v_i + u_i) \quad (2)$$

El objetivo del productor debería ser la minimización del costo de producción sujeto a la restricción de la función de producción. Esto puede ser formulado mediante el problema del método del multiplicador de Lagrange, definido por (3):

$$\begin{aligned} \text{Min}_{Areaq, Sem, Mo, Fer} & P_{Areaq} Areaq + P_{Sem} (Sem) + P_{Mo} (Mo) + P_{Fer} (Fer) + \\ & \lambda [Q - (Areaq)^{\beta_0} (Sem)^{\beta_1} (Mo)^{\beta_2} (Fer)^{\beta_3}] \end{aligned} \quad (3)$$

La solución a este problema de minimización genera cuatro demandas de factores de la producción, las cuales son insertadas en la función de costo total C , lo cual produce una función de costo loglineal, en donde $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ son los precios de,, y, respectivamente.

$$\begin{aligned} & P_{Areaq} (Areaq) + P_{Sem} (Sem) + P_{Mo} (Mo) + P_{Fer} (Fer) \\ & = C(Q, P_{Areaq}, P_{Sem}, P_{Mo}, P_{Fer}) \end{aligned} \quad (4)$$

Una forma de expresar este modelo es mediante la expresión (5):

$$\ln C = \theta_0 + \alpha_0 \ln(P_{Areaq}) + \alpha_1 \ln(P_{Sem}) + \alpha_2 \ln(P_{Mo}) + \alpha_3 \ln(P_{Fer}) + (v_i + u_i) \quad (5)$$

1.3.1. Eficiencia técnica () y eficiencia económica ()

La eficiencia técnica es la capacidad del productor de quinua de conseguir la máxima producción a partir de un conjunto de insumos. Para medirla se utiliza la expresión (6). El resultado varía entre 0 y 1. Un valor de 1 indica que el productor de quinua es completamente eficiente y opera en la frontera de producción. Una cifra menor que 1, en cambio, refleja que el productor opera por debajo de la frontera. Finalmente, la diferencia entre 1 y la cifra observada mide la ineficiencia técnica.

$$ET_i = \frac{\ln Q = \alpha_0 + \beta_0 \ln(Areaq) + \beta_1 \ln(Sem) + \beta_2 \ln(Mo) + \beta_3 (Fer) + (v_i + u)}{\ln Q = \alpha_0 + \beta_0 \ln(Areaq) + \beta_1 \ln(Sem) + \beta_2 \ln(Mo) + \beta_3 (Fer) + v_i} \quad (6)$$

Una vez provista la derivación de la función de frontera estocástica para una función de producción, se podría realizar una deducción análoga para la función de costos. De otro lado, la eficiencia económica se define como la *ratio* del costo mínimo observado del total de la producción () y el actual costo total de producción () usando el resultado de la ecuación (5) para obtener la expresión (7), esto es:

$$EC_j = \frac{C_i^*}{C_i} = \frac{\ln C = \theta_0 + \alpha_0 \ln(P_{Areaq}) + \alpha_1 \ln(P_{Sem}) + \alpha_2 \ln(P_{Mo}) + \alpha_3 \ln(P_{Fer}) + (v_i)}{\ln C = \theta_0 + \alpha_0 \ln(P_{Areaq}) + \alpha_1 \ln(P_{Sem}) + \alpha_2 \ln(P_{Mo}) + \alpha_3 \ln(P_{Fer}) + (v_i + u_i)} \quad (7)$$

Pero debe tenerse en cuenta que en este modelo se halla la eficiencia de costos (). Por lo tanto, la se obtiene como la inversa de la eficiencia de costo, formalmente:

$$EE = 1/EC \quad (8)$$

Este estudio plantea que la producción de quinua en Puno tiene diferentes niveles de eficiencia técnica que obedecería a las zonas productoras, y a diversidad en las prácticas productivas y culturales, no siendo el propósito de las economías familiares altoandinas minimizar los costos¹².

3. Resultados y discusión

3.1. Características de los hogares agrícolas con agrobiodiversidad

Se ha determinado la existencia de dos tipos de productores en el departamento de Puno: (en la tabla 1 se visualizan sus principales características). Se pueden destacar algunas diferencias entre los hogares agrícolas aymaras y quechuas. Primero, en la extensión cultivada de quinua, se observa que los hogares agrícolas aymaras tienen una mayor proporción de extensiones cultivadas de quinua por debajo de 0.5 hectáreas, mientras que los hogares quechuas tienen una distribución más equilibrada, con una mayor proporción en el rango de 0.5 a 4.9 hectáreas, y un porcentaje ligeramente mayor por encima de 5.0 hectáreas.

Ambos grupos presentan una predominancia de sistemas de producción en secano. Sin embargo, los hogares agrícolas aymaras tienen un mayor porcentaje de sistemas en secano en comparación con los hogares quechuas. En cuanto a la educación, se observa que los hogares aymaras tienen un mayor porcentaje de jefes de familia con nivel de educación secundaria (47 %) en comparación con los hogares quechuas (43 %).

12 Coeficientes de la expresión (2).

Tabla 1.

Características de los productores según prácticas culturales, Puno-Perú

Variables	Hogares agrícolas Aymara	Hogares agrícolas Quechua
Extensión cultivada de quinua (ha)	73 % <0.5, 27 % [0.5-4.9]	58 % <0.5, 41 % [0.5-4.9] 1 % >5.0
Sistema de producción con regadío y seco	96 % seco y 4 % riego	90 % seco y 10 % riego
Grado de escolaridad del jefe de familia	Analfabeto (10 %), primaria (32 %); secundaria (47 %), superior (11 %)	Analfabeto (7 %), primaria (40 %), secundaria (43 %), superior (10 %)
Actividad económica principal	Solo agricultura (47 %); agricultor y ganadero (45 %); peón asalariado agrícola (2 %) y otras (6 %)	Solo agricultura (69 %), agricultor y ganadero (19 %), peón asalariado agrícola (2 %), otras (10 %)
Propiedad de la tierra	Con título o alquilado (30 %), sin título o de la comunidad (69 %), otra modalidad (1 %)	Con título o alquilado (51 %), sin título o de la comunidad (41 %), otra modalidad (8 %)
Residuos del cultivo	Se usan como alimento de animales (67 %), se queman en el campo (25 %); otros (8 %)	Se usan como alimento de animales (67 %), se queman en el campo (21 %), otros (12 %)
Ingreso económico mensual (PEN)	Bajo (<250) (53 %), medio [250-800] (34 %), alto (>800) (13 %)	Bajo (<250) (48 %), medio [250-800] (40 %), alto (>800) (12 %)
Crédito	No accede (98 %), sí accede (2 %)	No accede (96 %), sí accede (4 %)
Factores condicionantes de la producción agrícola	Sin acceso a capacitación (95 %); con acceso (5 %). Sin acceso a asistencia técnica (98 %), con acceso a asistencia técnica (2 %)	Sin acceso a capacitación (88 %), con acceso (12 %). Sin acceso a asistencia técnica (93 %), con acceso a asistencia técnica (7 %)
Certificación	Posee (2 %), no posee (98 %)	Posee (8 %), no posee (92 %)
Prevalencia de variedades de quinua cultivada	Una variedad (75 %), dos variedades (20 %), tres variedades (4 %), cuatro variedades (1 %)	Una variedad (76 %), dos variedades (16 %), tres variedades (5 %), cuatro variedades (2 %)
Rotación de cultivos	Sistema de rotación en <i>layme</i> o <i>aynoka</i> , que incluye un largo periodo de descanso	Descanso regulado de cultivos, que consiste en dividir la tierra en parcelas y dejarlas en descanso durante un período corto de tiempo para que se recuperen los nutrientes del suelo

Fuente: Elaborado en base a encuesta para agricultores de la zona aymara y quechua (n=461, año 2017).

Respecto a la actividad económica principal los hogares agrícolas aymaras muestran una mayor diversificación de actividades económicas principales, con una proporción considerable ocupados en la agricultura y ganadería (92 %), en comparación con los hogares quechuas (88 %). Además, los hogares quechuas tienen una mayor proporción de hogares que se dedican exclusivamente a la agricultura (69 %) en comparación con los hogares aymaras (47 %).

En cuanto a la propiedad de la tierra, los hogares quechuas muestran un mayor porcentaje de tierras con título o alquiladas (51 %), en comparación con los hogares aymaras (30 %). Por otro lado, los

hogares aymaras presentan una mayor proporción de tierras sin título o de la comunidad (69 %), en comparación con los hogares quechuas (41 %). Por lo tanto, se puede encontrar dos tipos, categorizados de la siguiente manera:

Tipo I, aymara: los hogares que conforman este tipo usan tierras que no cuentan con título de propiedad, tienen una economía restringida, en su mayoría de bajos ingresos (menos de 250 PEN) y cuentan con pequeñas extensiones de cultivo para la producción de quinua, parte del tiempo lo ocupan en otras actividades no agrícolas (ganadería). Recurren a un sistema de producción de rotación conocido como *aynoca* o *laymis* que consiste en alternar periodos de cultivos con la papa, con leguminosas, con cereales y con la quinua. En consenso, las comunidades estiman periodos de descanso y pastoreo, que pueden durar entre cinco a diez años, todo ello, en consenso comunal. También se encuentran diferencias de género, pues son los varones quienes se encargan de la roturación y preparación de la tierra, el aporque y la cosecha de la producción. Además, la mayor diversidad de los parientes silvestres de la quinua se encuentra en las *aynokas*.

Tipo II, quechua: hogares que cultivan en tierras de su propiedad, la mayoría solo se dedica a la agricultura como actividad principal, los productores tienen mayor extensión de cultivo para producir la quinua, predominan los sistemas agrícolas tradicionales que se caracteriza por un complejo sistema de producción agrícola, con formas de transformación del suelo (camellones, pozas), con sistemas de irrigación y de rotación de cultivos, asociados al descanso regulado. Las culturas quechuas tradicionales están asociadas a tipos específicos de labranza, así como a herramientas propias, apropiadas a las zonas de altura y de pequeña extensión. Entre las herramientas quechuas se cuenta como la más característica la *chaquitaqlla* o arado de pie. Supone un trabajo en equipo para arar y roturar la tierra.

En ambos tipos de hogares, si bien los jefes de familia tienen, en su mayoría, educación básica, destaca la falta de capacitación, acceso a crédito y asistencia técnica. Por otra parte, es un punto en común el que los residuos sean destinados a la alimentación de animales. La división en estos dos tipos preserva la cultura e historia de esta zona del país, y además permite gestionar distintos sistemas tradicionales del cultivo de la quinua, asociados con el manejo ecológico de suelos, enfermedades y plagas en un sistema tradicional de agricultura.

La tabla 2 muestra la clasificación por zonas agroecológicas, estas zonas son poco estudiadas, ya que no existen muchas estaciones meteorológicas que puedan recolectar datos (Quispe & Sotomayor 2022). Sin embargo, mediante las encuestas aplicadas se puede diferenciar tres tipos: Circunlacustre, Suni y Puna.

Tipo I, Circunlacustre: en esta zona agroecológica, se concentra la actividad agrícola y engorde de vacunos, con zonas homogéneas de producción donde prosperan cultivos de papa dulce, quinua, haba, arveja, tarwi, cereales, hortalizas, oca, olluco, izaño, trigo, gramíneas forrajeras y pastos cultivados y crianzas con predominancia de vacunos, ovinos y animales menores. Con sistema de producción seco, los productores de esta zona agroecológica no tienen acceso a la asistencia técnica.

Tipo II, Suni: los suelos tienen aptitud para la producción de papa y quinua. La actividad económica principal es la agricultura y, en proporción mínima, la ganadería. La extensión de cultivos es intermedia. Cuentan con título de propiedad y tienen ingresos monetarios muy bajos.

Tipo III, puna: en su mayoría con pequeñas extensiones de quinua, más de la mitad dedicados solo a la agricultura, con mayor proporción de cultivos en tierras comunales a diferencia de los productores de Suni y de la zona Circunlacustre. En esta zona agroecológica los productores poseen ingresos monetarios intermedios.

Tabla 2.

Característica de los productores según zonas agroecológicas, Puno-Perú

Variables	Circunlacustre	Suni	Puna
Extensión cultivada de quinua (ha)	73 % <0.5 19 % [0.5-4.9], 8 % >5.0	71 % <0.5 22 % [0.5-4.9], 7 % >5.0 ha	84 % <0.5 14 % [0.5-4.9] 2 % >5.0
Sistema de producción con regadío y seco	100 % seco	99 % seco y 1 % riego	99 % seco y 1 % riego
Grado de escolaridad del jefe de familia	Analfabeto (7 %); primaria (32 %); secundaria (46 %); superior (15 %)	Analfabeto (9 %); primaria (38 %); secundaria (42 %); superior (11 %)	Analfabeto (6 %); primaria (37%); secundaria (51 %); superior (6 %)
Actividad económica principal	Solo agricultura (49 %); agricultor y ganadero (45 %); otras (6 %)	Solo agricultura (65 %); agricultor y ganadero (25 %); otras (10 %)	Solo agricultura (51 %); agricultor y ganadero (31 %); otras (12 %)
Propiedad de la tierra	Con título (38 %), sin título (53 %), de la comunidad (7 %) otra (2 %)	Con título (45 %), sin título (31 %), alquilado (1 %), de la comunidad (17 %), otra (6 %)	Con título (31 %), sin título (35 %), alquilado (5 %), de la comunidad (27 %) otra (2 %)
Residuos del cultivo	Se usan como alimento de animales (73 %), se queman en el campo (22 %); otros destinos (5 %)	Se usan como alimento de animales (62 %), se queman en el campo (25 %); otros destinos (13 %)	Se usan como alimento de animales (76 %), se quema en el campo (18 %); otros destinos (6 %)
Ingreso económico mensual (PEN)	Bajo (<250) (44 %), medio (250- 800) (40 %), alto (>800) (16 %)	Bajo (<250) (54 %), medio (250-800) (36 %), alto (>800) (10 %)	Bajo (<250) (44 %), medio (250-800) (42 %), alto (>800) (14 %)
Crédito	No tiene acceso (99 %); sí accede (1 %)	No tiene acceso (97 %); sí accede (3 %)	No tiene acceso (94 %); sí accede (6 %)
Factores condicionantes de la producción agrícola	Sin acceso a capacitación (98%); con acceso (2 %). Sin acceso a asistencia técnica (100 %)	Sin acceso a capacitación (90 %), con acceso (10 %). Sin acceso a asistencia técnica (95 %), sí accede a asistencia técnica (5 %)	Sin acceso a capacitación (89 %), con acceso (11 %). Sin acceso a asistencia técnica (9 %); sí accede a asistencia técnica (8 %)
Certificación	Posee (2 %); no posee (98 %)	Posee (7 %); no posee (93 %)	Posee (5 %); no posee (95 %),

VARIABLES	Circunlacustre	Suni	Puna
Prevalencia de variedades de quinua cultivada	Una (79 %), dos (18 %), tres variedades (3 %).	Una (73 %), dos (19 %), tres (5 %), cuatro variedades (3 %)	Una (81 %), dos (15 %), tres variedades (4 %).

Fuente: Elaborado en base a encuesta para agricultores de la zona aymara y quechua (n=461, año 2017).

3.2. Evaluación de la eficiencia de cultivos de quinua

Eficiencia técnica. Los resultados indican que, en el modelo general, solo la extensión de terreno dedicada a la quinua (areaqlog) y cantidad de semillas (semlog) son significativos estadísticamente y presentan el signo esperado (tabla 3). Esto significa que la productividad, en promedio de la muestra total, depende mayormente de ambas variables.

Tabla 3.

Estimaciones del modelo de FPP

VARIABLES	General	Aymara	Circunlacustre	Puna	Quechua	Suni
Areaqlog	0.392*** (0.0641)	-0.601*** (0.0475)	-0.914*** (7.51e-06)	-0.716*** (0.0866)	-0.649*** (0.106)	-0.338*** (0.119)
Semlog	0.360*** (0.0568)	0.278*** (0.0672)	0.260*** (9.45e-06)	-0.0416 (0.185)	0.267*** (0.0841)	0.310*** (0.0795)
Maqlog	0.00405 (0.0103)	0.0245* (0.0134)			0.000445 (0.0130)	0.132** (0.0609)
Molog	0.0138 (0.0587)		-0.297*** (8.29e-06)	0.198 (0.131)	-0.0509 (0.0923)	
Ferlog	0.00398 (0.00563)	0.00586 (0.00663)	0.0373*** (8.40e-07)	0.00538 (0.0163)	0.00140 (0.00847)	
Constant	-0.564 (0.477)	5.603*** (0.275)	8.413*** (4.41e-05)	6.627*** (1.040)	6.257*** (0.762)	4.113*** (0.612)
Observations	458	235	35	32	177	240

Errores estándar entre paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaborado sobre la base de la encuesta aplicada a productores de quinua en ocho provincias de Puno en octubre 2017.

Respecto a la eficiencia de cultivos de quinua, en la tabla 4, que muestra un resumen de todas las zonas agroecológicas, se indica que los productores de quinua en el Departamento de Puno presentan diferentes niveles de eficiencia técnica y eficiencia económica que obedecerían tanto a

las prácticas productivas y la localización de los cultivos, así como a la biodiversidad de la quinua, siendo que la eficiencia técnica tiende a ser mayor que la eficiencia económica. La producción de la quinua es explicada por la eficiencia técnica. El promedio de eficiencia técnica entre los productores de quinua es de 68.83 %, correspondiente al modelo general, cifra que no opera en la frontera de producción eficiente.

Tabla 4.

Evaluación de la eficiencia técnica de cultivos de quinua utilizando la función de producción, Puno - Perú

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	General	Aymara	Circunlacustre	Puna	Quechua	Suni
Efitec	0.684*** (0.00671)	0.800*** (0.00478)	0.680*** (0.0358)	0.711*** (0.0268)	0.728*** (0.00907)	0.700*** (0.00901)
Observations	458	235	35	32	177	240

Errores estándar entre paréntesis

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente: Elaborado sobre la base de la encuesta aplicada a productores de quinua en ocho provincias de Puno en octubre 2017.

Entre el tipo quechua y aymara, se aproximan a ser eficientes según el indicador, aunque más la zona aymara (con 0.80 %) que la zona quechua (con 0.728 %). Entre los sistemas de producción en zonas agroecológicas, el comportamiento de eficiencia en la zona Circunlacustre es variable (en promedio 0.68 %), pero más eficiente, seguido de Puna, que también es variable (en promedio 0.711 %), pero menos eficiente. En el caso de la zona Suni, su eficiencia es estable (en promedio 0.74 %) e intermedia entre Puna y Circunlacustre.

Eficiencia económica. Al igual que en el caso de la ET, el modelo en su conjunto es significativo estadísticamente, es decir, que por lo menos algún parámetro es distinto de cero (tabla 5), esto se puede corroborar en la parte superior de la mencionada tabla 5, donde la probabilidad de que todos los parámetros sean iguales a cero es muy baja y menor al nivel de significancia ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.0000$). Sin embargo, al validar si el modelo de Frontera Estocástica es el adecuado y la suposición de un término de error con dos componentes (una con distribución normal y la otra con una semi-normal) es correcta, se observa que la prueba que se muestra en la parte inferior de la misma tabla 5, donde $\text{Prob} > \chi^2 = 1.000$, se evalúa la hipótesis nula sobre la existencia de ineficiencias $\sigma_u = 0$, es una hipótesis nula que no es rechazada y es mayor al nivel de significancia (0.05).

Tabla 5.

Resultados de la Función Frontera Estocástica para la función de costo total

Ctl	Coef.	Std. Err.	z	P>[z]	[95% Conf. Interval]	
Lprod	.0143546	.0087375	1.64	0.100	-.0027706	.0314797
Pmlog	.8848352	.0158111	55.96	0.000	.8538459	.9158245
Pseml	.001955	.0053036	0.37	0.712	-.0084398	.0123498
Pferl	-.114564	.018813	-6.09	0.000	-.1514368	-.0776912
_cons	.4195773	.0841704	4.98	0.000	.2546064	.5845482
/lnsig2v	-4.232918	.0659398	64.19	0.000	-4.362158	-4.103678
/lnsig2u	-14.06515	160.8533	-0.09	0.930	-329.3318	301.2015
sigma_v	.1204574	.0039715			.1129196	.1284983
sigma_u	.0008827	.0709892			3.07e-72	2.54e+65
sigma2	.0145108	.0009591			.012631	.0163905
Lambda	.0073275	.0712868			-.132392	.1470471

Fuente: Elaborado sobre la base de la encuesta aplicada a productores de quinua en ocho provincias de Puno en octubre 2017.

En ese sentido, se concluye que no existe un término de error que capture las ineficiencias de costos, lo que significa que el modelo terminaría siendo un modelo de regresión simple. Al análisis de las variables de forma individual, la variable Pmlog (costo de mano de obra) y Pfert (costo de los fertilizantes) son significativas y presentan el signo esperado. Si bien la prueba de hipótesis dice que el término de error que captura las ineficiencias no es significativo, de igual forma, se presentan en la tabla 6 los niveles de eficiencia de costos que se obtuvieron producto de la estimación.

Tabla 6.

Promedio de eficiencia económica

	Mean	Std. Err.	[95 % Conf. Interval]	
efitec	.9992961	1.09e-07	.9992959	.9992963

Fuente: Elaborado sobre la base de la encuesta aplicada a productores de quinua en ocho provincias de Puno en octubre 2017.

Con la función de frontera estocástica en costos se quiso calcular la eficiencia económica. Sin embargo, en los resultados obtenidos no se encontró significativo que las desviaciones de la función de costos sean explicadas por el término de error que engloba las ineficiencias, esto porque en el cálculo de eficiencia económica en la agricultura los precios de los insumos varían muy poco entre los productores, debido a que los precios son definidos en el mercado regional.

Se puede concluir que no existe un término de error que capture las ineficiencias de costos, lo que significa que el modelo utilizado terminaría siendo un modelo de regresión simple. Asimismo, la eficiencia económica termina no siendo significativa, ya que en estas economías familiares su orientación o motivación de producción no es la maximización de beneficios económicos, sino los factores culturales ligados a la priorización de consumo, saberes ancestrales y conocimientos tradicionales, en tanto, la herramienta para estimar eficiencia económica es diseñada para evaluar empresas comerciales. A esto se suma, el bajo nivel de integración vertical en la cadena de valor. Esto confirmaría lo señalado por Ellis (1993), que señala que el campesinado actual no apuntaría a un objetivo de ganancia, sino más bien a asegurar su supervivencia, dentro de cualquier modo de producción. A menudo, esto implica la venta de mano de obra familiar, convirtiendo a alguno de sus miembros en trabajadores asalariados.

En ese sentido, el modelo de maximización de beneficios ignoraría un aspecto importante de la eficiencia, que requiere una definición más precisa para el caso de la agricultura familiar con agrobiodiversidad, en donde la disensión entre los miembros de la familia agrícola ciertamente no está permitida en esta etapa. Tal modelo ignora las actividades no agrícolas de los miembros del hogar. Asimismo, la agricultura familiar con agrobiodiversidad está integrada parcialmente a los mercados, los cuales suelen ser imperfectos (Bravo *et al.* 2022; Schejtman 2008). En realidad, las comunidades campesinas se enfrentan a menudo a mercados que difieren notablemente del ideal de competencia perfecta (De la Vega-Leinert *et al.* 2018). Puede que no haya mercado (o mercados) incompletos para recursos tan importantes como la tierra, la mano de obra y el crédito.

La producción de quinua en Puno no se puede explicar por la eficiencia económica, dado que los productores no cuantifican de la misma manera los costos de los procesos productivos que realizan a lo largo de la siembra y cosecha de quinua, debido a que, en el caso de la mano de obra, se involucra toda la familia o se realiza por medio del *ayni* (trabajo colaborativo). En el caso de las semillas, estas no son adquiridas del mercado, sino que son seleccionadas de la cosecha anterior. Además, las herramientas utilizadas no son valorizadas como tales y no hay una reposición mediante la depreciación. Muchos de estos artefactos son elaborados por los mismos agricultores (Pinedo-Taco *et al.* 2018). Lo mismo ocurren en los abonos orgánicos, como los excrementos de los animales, la descomposición de los desechos orgánicos, y la rotación de la tierra (FAO 2018). En consecuencia, se dificulta una cuantificación comparable entre unidades agropecuarias.

No se han identificado estudios que aborden la eficiencia técnica y económica para el caso de la quinua o de otros cultivos nativos en el altiplano. Solo Estrada (2017) evalúa la eficiencia técnica para la quinua en Junín (Perú), encontrando un coeficiente $ET=67\%$, muy similar a lo obtenido en la presente investigación. Otro análisis sobre la eficiencia técnica en sistemas de producción de Tamil Nadu (India) encontró que las unidades de producción tienen ineficiencia de costos, lo que sugiere que la mayoría de tales unidades operaban lejos de la frontera de eficiencia. La ineficiencia distributiva (0,55) fue peor que la ineficiencia técnica (0,80) (Balaji et al 2023).

4. Conclusiones

Este estudio evalúa la eficiencia técnica y económica de la producción de quinua en Puno, Perú. Los resultados muestran que la eficiencia técnica explica mejor la relación entre los insumos y los productores tradicionales, quienes en su mayoría se sienten motivados para garantizar su seguridad alimentaria. La eficiencia económica puede verse influida porque pocos productores se motivan a maximizar beneficios a partir de los recursos disponibles, no obstante, la mayoría de los hogares agrícolas tuvo por objetivo asegurar su autoconsumo con agrobiodiversidad.

La premisa de que los agricultores familiares con agrobiodiversidad son eficientes en un sentido neoclásico puro de maximización de ganancias, no está probada (al menos, en la producción de quinua en Puno). De hecho, la maximización de beneficios de los agricultores familiares con agrobiodiversidad está sujeta a varias variables como: (a) compensaciones entre la maximización de beneficios y otras metas del hogar, (b) limitaciones de recursos y (c) el funcionamiento de los mercados (fallas del mercado en los mercados de tierra, trabajo y crédito).

Finalmente, este estudio ayuda a diferenciar la agricultura familiar agrobiodiversa como una forma distinta de producción agrícola y evita identificar erróneamente a los campesinos con la falta de progreso. Además, se alienta a considerar el hogar agrícola como una unidad de análisis para comprender las interacciones entre los agricultores y para delinear las condiciones económicas de la vida campesina que difieren analíticamente de las de otros grupos sociales o empresas agrícolas.

Agradecimientos

Se agradece al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT Convenio 200-2015) por el apoyo en la presente investigación. También se agradece a las agencias agrarias de las provincias de Azángaro, Chucuito, El Collao, Huancané, Lampa, Melgar, Puno y San Román, por su apoyo durante las actividades de esta investigación.

Referencias

- Aivazidou, E., Baniyas, G., Lampridi, M., Vasileiadis, G., Anagnostis, A., Papageorgiou, E., & Bochtis, D. (2021). Smart technologies for sustainable water management: an urban analysis. *Sustainability* 13(24), 13940. <https://doi.org/10.3390/su132413940>
- ALADI, & FAO. (2014). *Tendencias y perspectivas del comercio internacional de la quinua*. Santiago de Chile. <https://www.fao.org/3/i3583s/i3583s.pdf>
- Alvarado, L. (2015). *Sustentabilidad de la innovación tecnológica en el sector agrícola: El caso de la producción cafetalera en Piura*. Tesis para optar el grado de doctor en Economía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alvarado, K., Hopfgartner, K., Moreno, C., & Tipula, P. (2016). *Directorio 2016 comunidades campesinas del Perú*. Instituto del Bien Común - Sistema de Información sobre Comunidades Campesinas del Perú (SICCAM). <https://bit.ly/467uBla>

- Balaji, G. A., Geethalakshmi, V., & Prahadeeswaran, M. (2023). Economic analysis of dryland integrated production system in western agroclimatic zone of Tamil Nadu, India: A DEA approach. *Indian Journal of Agricultural Research*, 57(2), 189-193.
- Baumgärtner, S., & Quaas, M. (2010). What is sustainability economics? *Ecological Economics*, 69(3), 445-450.
- Birol, E., Smale, M., & Gyovai, A. (2006). Using a choice experiment to estimate farmers valuation of agrobiodiversity on hungarian small farms. *Environmental and Resource Economics*, 34(4), 439-469. <https://bit.ly/3RAGkEe>
- Boretti, A. & Rosa, L. (2019). Reassessing the Projections of the World Water Development Report. *Clear Water* 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Bravo, H., Sotomayor, O., & Mulder, N. (2022). *Programas de compras públicas a los agricultores familiares ¿Un nuevo canal de ventas para el comercio justo?*. CEPAL. <https://bit.ly/48tk5pU>
- Calvet-Mir, L., Benyei, P., Aceituno-Mata, L., Pardo-de-Santayana, M., López-García, D., Carrascosa-García, M., Perdomo-Molina, A., & Reyes-García, V. (2018). The contribution of traditional agroecological knowledge as a digital common to agroecological transitions: The case of the CONECT-e Platform. *Sustainability* 10(9), 3214. <https://doi.org/10.3390/su10093214>
- Calisto J. (2010). Eficiencia económica de la producción de Maíz Blanco Gigante Cusco, en las provincias de Calca y Urubamba. Tesis para optar el grado de Economista. Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- CENAGRO (2012). IV Censo Nacional Agropecuario 2012 - Cuadros Estadísticos (en línea, sitio web). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Consultado 28 ene. 2021. <https://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>
- Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research* 2(6), 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- Coras, N. (2014). Caracterización y eficiencia económica de los productores de quinua en el Valle del Mantaro-Junín. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Economía y Planificación, Lima.
- De la Vega-Leinert, A., Brenner, L. & Stoll-Kleemann, S. (2018). El café de sombra: ¿una alternativa viable para campesinos en regiones marginadas? El caso de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, México. ResearchGate. Chapter, January 2018.
- Ellis, F. (1993). *Peasant Economics farm households in agrarian development* (Segunda ed.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Estrada, M. (2017). Tipología de productores y eficiencia técnica en la producción de quinua en la Región de Junín. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Economía y Planificación.

- FAO (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. Santiago de Chile y CIRAD Montpellier, Francia. <https://bit.ly/3LFVNPM>
- FAO (2018). *Agricultura Sostenible y Biodiversidad. Un Vínculo Indisociable*. Versión revisada. <https://bit.ly/46tRoak>
- Farrell, M. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society* 120(3), 253-290. <https://doi.org/10.2307/2343100>
- Friedmann, H. & McNair, A. (2008). Whose rules rule? contested projects to certify local production for distant consumers. *Journal of Agrarian Change*, 8(2), 408-434. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0366.2008.00175.x>
- Golicz, A., Steinfert, U., Arya, H., Singh, M. B., & Bhalla, P. (2020). Analysis of the quinoa genome reveals conservation and divergence of the flowering pathways. *Functional & Integrative Genomics*, 20(2), 245-258. <https://doi.org/10.1007/s10142-019-00711-1>
- Gómez, L. & Eguiluz, A. (2011). Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Lima, Perú: UNALM y MINAM. <https://bit.ly/3PUuOCr>
- Gómez-Arteta, I. & Escobar-Mamani, F. (2022). Saber Ambiental del Pueblo Uros del Lago Titicaca, Puno (Perú). *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña* 12(1) 270-297. <https://bit.ly/3ZC9rcy>
- Gupta, S., Raghuvanshi, G. S., & Chanda, A. (2020). Effect of weather on COVID-19 spread in the US: A prediction model for India in 2020. *Science of the total environment*, 728 138860. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138860>
- Holt-Giménez, E. & Altieri, M. (2012). Agroecology, food sovereignty, and the new green revolution. *Agroecology and sustainable Food systems*, 37(1), 90-102. <https://doi.org/10.1080/10440046.2012.716388>
- IICA (2015). El mercado y la producción de quinua en el Perú. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Lima. <https://bit.ly/3RAQvss>
- INEI (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://bit.ly/3Pt0iOG>
- Jackson, L., Pascual, U., & Hodgkin, T. (2007). Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 121(3) 196-210. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.12.017>
- Jacobsen, S., Mujica, A. & Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 13(36), 14-24. <https://bit.ly/3PC1Dms>
- Kahane, R., Hodgkin, T., Jaenicke, H., Hoogendoorn, C., Hermann, M., Hughes, J., Keatinge, J., Padulosi, S., & Looney, N. (2013). Agrobiodiversity for food security, health and income. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 671-693. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0147-8>

- López-Serrano, M. J., Velasco-Muñoz, J. F., Aznar-Sánchez, J. A., & Román-Sánchez, I. M. (2020). Sustainable use of wastewater in agriculture: A bibliometric analysis of worldwide research. *Sustainability*, 12(21), 8948. <https://doi.org/10.3390/su12218948>
- Mercado, W. (2018). Economía institucional de la cadena productiva de la quinua en Junín. *Scientiae Agropecuaria*, 9(3), 329-342. <https://bit.ly/3tiX0pC>
- Mercado, W., Estrada, M. & Rendon, E. (2020). Tipología de productores y eficiencia técnica en la producción de quinua en la región Junín. *Revista Natura @ economía* 5(2), 88-101. <https://doi.org/10.21704/ne.v5i2.1609>
- Mercado, W., Ortega, R., & Minaya, C. (2022). Classification, technical efficiency, and economic performance of producers in the main productive region of quinoa in Peru. *Scientia Agropecuaria* 13(2), 175-184. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.016>
- MINAGRI (2015). *Quinoa peruana. Situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional al 2015* (Primera ed.). Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. <https://bit.ly/46pmAI3>
- Ministerio de Cultura (2020). *Base de datos de pueblos indígenas u originarios*. <https://bit.ly/3LzAEH2>
- Morlon, P. (1996). *Comprender la agricultura campesina en los andes centrales*. Lima: IFEA, CBC. <https://doi.org/10.4000/books.ifea.2642>
- Mostafiz, R., Rohli, R., Friedland, C., Gall, M., & Bushra, N. (2022). Future crop risk estimation due to drought, extreme temperature, hail, lightning, and tornado at the census tract level in Louisiana. *Frontiers in Environmental Science* 10:919782. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.919782>
- Mujica, A., Berti Siaz, M., (1997). *El cultivo del amaranto (Amaranthus spp.): producción, mejoramiento genético y utilización*. FAO, Santiago (Chile). <https://bit.ly/3tdwnCE>
- Mujica, A. & Jacobsen, S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botanica económica de los Andes Centrales*, 449-457. Universidad Mayor de San Andrés.
- Murphy, K., Matanguihan, J., Fuentes, F., Gómez-Pando, L., Jellen, E., Maughan, P. J., & Jarvis, D. (2018). Quinoa breeding and genomics. En *Plant Breeding Reviews*. I. Goldman (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9781119521358.ch7>
- Pinedo-Taco, R., Gómez-Pando, L., & Julca-Otiniano, A. (2018). Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15), 399-409. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1734>
- Qualset, C. O., Castillo-Gonzales, F., Morgounov, A., Keser, M., & Özdemir, F. (2016). Agrobiodiversity: Prospects for a Genetic Approach to *In situ* Conservation of Crop Landraces. *Indian Journal of Plant Genetic Resources* 29(3), 278-280. <https://doi.org/10.5958/0976-1926.2016.00045.0>

- Quispe, L., & Sotomayor, G. (2022). Determinación y análisis temporal de la radiación solar global en el Altiplano de Puno. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 30(1), 69-81. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052022000100069>
- Schejtman, A. (2008). *Alcances sobre la agricultura familiar en América Latina*. Diálogo Rural Iberoamericano, San Salvador, septiembre 2008. Documento de Trabajo N°21, Programa Dinámicas Territoriales Rurales Rimisp - Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural. <https://bit.ly/46993EC>
- Tapia, M., Canahua, A., & Ignacio, S. (2014). *Razas de quinuas del Perú, de los Andes al mundo*. ANPE y CONCYTEC.
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. Edited by Pushpam Kumar. Routledge.
- Van der Ploeg, J. (2010). *Nuevos campesinos. Campesinos e imperios alimentarios*. Icaria.