

# Análisis de Correspondencia Múltiple de Sustentabilidad en Unidades Productoras de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el valle del Mantaro, Perú

## *Multiple Correspondence Analysis of the Sustainability on Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) Producing Units in Mantaro Valley, Peru*

Vidal César Aquino Zacarías<sup>1\*</sup>, Narcizo Isidoro Gómez Villanes<sup>1</sup>,  
Rolando Porta Chupurgo<sup>2</sup>, Jiménez-Dávalos Jorge<sup>3</sup>

### RESUMEN

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una especie de gran importancia para el sustento del poblador andino. Sin embargo, aún sigue relegado y marginado por el agricultor debido a su producción insuficiente e insostenible económica. La sustentabilidad de las Unidades Productoras de Tarwi (UPT) fue evaluada en el valle del Mantaro, Junín-Perú, utilizando el método de Análisis Multicriterio adaptado. La fuente de información fueron los productores (N = 490) y el tamaño de muestra (n = 114) de cuatro localidades interandinas: Quicha Grande, Acolla, Cruz Pampa y Hualahoyo. Las encuestas estructuradas incluyeron indicadores de sustentabilidad en las dimensiones económica, ecológica y sociocultural. La consistencia interna fue determinada por el método factorial de Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) estableciendo valores de 0,867 y 0,783 del alfa de Cronbach que le confieren confiabilidad al análisis. El Índice de Sustentabilidad General alcanzado satisface las condiciones enmarcadas en los sistemas de cultivo de tarwi, obteniendo las tres cuartas porcentuales de sustentabilidad en las UPT. Por dominio de recomendación, Acolla, Cruz Pampa, Hualahoyo y Quicha Grande son actualmente sustentables. Las UPT Acolla y Hualahoyo fueron las más sustentables. En cuanto a los puntos críticos de sustentabilidad, en la dimensión económica, el más crítico fue la superficie de producción de autoconsumo; en la ecológica, el manejo de cobertura vegetal, y en la sociocultural no se identificaron puntos críticos que revistan preocupación, excepto en la localidad de Cruz Pampa, donde el acceso a la salud y la cobertura sanitaria fueron los más críticos. Estas características determinan un fuerte grado de sustentabilidad.

**Palabras clave:** *dimensiones, unidades productoras de tarwi, ecosistema andino.*

### ABSTRACT

*The Tarwi (Lupinus mutabilis Sweet), is a livelihood species of the Andean population and the producer loss importance, due to its insufficient and unsustainable economy production. The sustainability of the Tarwi Producing Units (UPT) was evaluated in the Mantaro Valley, Junin-Peru using the adapted Multicriteria Analysis method, having as a source of information the producers (N = 490) and sample size, (n = 114) from four inter-Andean localities: Quicha Grande, Acolla, Cruz Pampa and Hualahoyo. The structured surveys included indicators of sustainability, in the dimensions, economic, ecological and socio-cultural. The internal consistency was determined by the Multiple Correspondence Analysis (ACM) factorial method, establishing values of 0.867 and 0.783 for alpha Cronbach that give reliability to the analysis. The General Sustainability Index reached satisfies the conditions framed in the tarwi crop systems, reaching three quarters of sustainability in the UPT. By recommendation domain, Acolla, Cruz Pampa, Hualahoyo and Quicha Grande are currently sustainable. Acolla and Hualahoyo were the most sustainable. The critical point of sustainability was in the economic dimension and the surface of production of self-consumption was the most critical; in the ecological, the management of vegetation cover, and in socio-cultural critical points were not identified that show concern, except the Cruz Pampa locality, where access to health and health coverage were critical, characteristics that identify a strong degree of sustainability.*

**Keywords:** *dimensions, producing units with tarwi, andean ecosystem.*

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú. El Mantaro, Jauja, Junín, Perú.

<sup>2</sup> Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Huancavelica. Acobamba, Perú.

<sup>3</sup> Programa Doctoral en Agricultura Sustentable. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. La Molina-Lima, Perú.

\* Autor correspondiente: [vaquino@uncp.edu.pe](mailto:vaquino@uncp.edu.pe)

## Introducción

Las especies olvidadas y subutilizadas han sido descuidadas por la mayoría de las comunidades agrícolas, la industria agroalimentaria y el mundo científico por muchos años, aunque la cañihua, quinua, amaranto y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) ofrecen diferentes posibilidades de uso, sobre todo dentro de sistemas agrícolas sostenibles (Scheldeman *et al.*, 2015).

El cambio climático origina problemas de estiaje y otros muy complejos y variables, sobre todo en la sierra del Perú, lo que obliga a la búsqueda de alternativas de manera holística, integral e interdisciplinaria. El manejo de agroecosistemas (AGE) sustentables en la producción campesina del tarwi permite la recuperación de la fertilidad del suelo (fijación biológica del N), así como la productividad y la protección de los cultivos. Considerando que la responsabilidad de producir alimentos en formas más sustentables no es exclusiva de los agricultores, los consumidores somos igualmente responsables por el tipo de tecnologías que se aplican en la agricultura y su efecto en el ambiente y la sociedad (Salgado, 2015).

El tarwi se mantiene en diferentes sistemas de producción de la población andina y se constituye en uno de los componentes de los AGE (Canahua y Román, 2016), por cuanto tiene alto potencial nutritivo (Suca y Suca, 2015; Tapia, 2015; Canahua y Román, 2016). La búsqueda de especies de importancia para la seguridad alimentaria ha devuelto el interés por esta leguminosa, basado en su capacidad de resiliencia ante los efectos del cambio climático (Canahua y Román, 2016). Se debe considerar al tarwi en el desarrollo de políticas agroalimentarias, en el sistema de seguridad alimentaria, debido a su aporte y gran capacidad nutricional y protección del medio ambiente (Suca y Suca, 2015). Desde el punto de vista ambiental, su cultivo es considerado como promisorio por sus granos altamente proteicos (14-46%), lo que determina su valor e importancia en la alimentación humana (Chamba *et al.*, 2016), especialmente en Perú. En un hábitat vulnerable como los Andes peruanos genera una intervención a nivel familiar (Tapia, 2015; Meza y Julca, 2015), que incorpora un enfoque ambiental con actividades específicas hacia la conservación y recuperación del ecosistema, que no modifica las características de los recursos naturales, sino que lo preserva y lo respeta (Tapia, 2015). Sin embargo, su uso como

alimento en el valle del Mantaro-Junín está en descenso, desconociéndose las potencialidades y posibilidades tecnológicas de manejo sustentable. El interés por el consumo responsable, la demanda de calidad y la valoración del cuidado del ambiente propician condiciones para implementar estrategias de sustentabilidad en este cultivo (Minaverry y Gally, 2014).

Los sistemas de producción agroecológica son una alternativa sustentable para mejorar la calidad de vida de los productores a pequeña escala, porque utilizan de manera eficiente los recursos productivos, promueven la eficiencia social y cultural y desarrollan la capacidad de gestión productiva y económica (Loaiza *et al.*, 2014). La sustentabilidad se ha convertido en tema de interés en los debates de política agrícola (Latruffe *et al.*, 2016) y las dimensiones ambiental, económica y social (Meza y Julca, 2015) reciben una misma valoración con una visión adecuada de sustentabilidad, para lograr el desarrollo sostenible adoptando un criterio de sustentabilidad fuerte (Harte, 1995) y que considera al capital natural como sustituto del capital manufacturado. De este modo, para evaluar la sustentabilidad de los AGE en fincas, una de las metodologías incluye una serie de pasos o herramientas que conducen a la obtención de indicadores económicos, ecológicos y socioculturales (Gaviglio *et al.*, 2017). Se utiliza el análisis multicriterio partiendo de indicadores para determinar los puntos críticos de sustentabilidad y concluir con el índice general de sustentabilidad, promoviendo técnicas que contribuyan a la integridad ecológica y la promoción del desarrollo humano sustentable en el campo (Loaiza *et al.*, 2014), agrupando las unidades productivas por sus principales características diferenciales.

Sobre esta base, Meza y Julca (2015) concluyen que las condiciones evaluadas para la sustentabilidad ambiental, económica y social en yuca (agricultura familiar) con manejo agroforestal evidencian un nivel de sustentabilidad intermedio, por la preponderancia de los indicadores que se orientan a la conservación y mejor aprovechamiento de los recursos productivos con prácticas agroecológicas, y las prácticas sustentables locales involucran a la familia en las labores agrícolas cotidianas. Este resultado concuerda con la situación en el valle del Mantaro (Perú), situado a 3300 msnm promedio. Se caracteriza por variados sistemas agrícolas, de clima seco y templado, de 650 mm de precipitación promedio, temperatura media anual

19,4 °C máxima y 4,1 °C mínima. El 80% de la agricultura se desarrolla bajo condiciones de secano y la sequía es uno de los mayores factores limitantes. Sus características permiten la producción extensiva de papa, maíz, quinua, que relegan a otros cultivos obligando a una agricultura sustentable, que incluye la necesidad de conservación y uso sostenible de recursos genéticos subexplotados del ecosistema andino (Aquino *et al.*, 2018). Sin embargo, el valle y la región Junín muestran una demanda creciente del tarwi. Los agricultores de la zona altoandina brindan oportunidad de compartir experiencias agrícolas y socioeconómicas aprovechando el saber campesino. No obstante, se desconoce el grado de sustentabilidad del cultivo.

En este contexto, la investigación evaluó la sustentabilidad de las unidades productoras de tarwi en el valle del Mantaro, determinando el nivel de sustentabilidad económica, ecológica y sociocultural en condiciones de secano en el ecosistema andino.

### Materiales y métodos

El estudio se realizó en la zona altoandina del valle del Mantaro (Junín-Perú), ubicada parcialmente en la cuenca del río Mantaro, entre los paralelos 10°34'30" y 13°35'30" de latitud Sur y entre los meridianos 73°55'00" y 76°40'30" de longitud Oeste (IGP, 2005), en los años 2016 (octubre-diciembre) y 2017 (marzo). Las localidades fueron elegidas mediante análisis de dominios de recomendación, con base en aspectos agrícolas y sociales relevantes, desde el punto de vista técnico (Martínez-Reina, 2013). Para conocer el estado socioeconómico de las unidades productoras de tarwi (UPT) y determinar los problemas que podrían estar limitando la sostenibilidad de los AGE y en particular en el cultivo de tarwi, se realizó un diagnóstico general. Las UPT elegidas fueron de las localidades de Quicha Grande (Aco, Concepción: 3866 msnm), Acolla (Jauja: 3467 msnm), Cruz Pampa (Sincos, Jauja: 3815 msnm) y Hualahoyo (EEA Santa Ana, El Tambo, Huancayo: 3260 msnm). La distancia Sur-Norte fue 60 km (Huancayo-Acolla) y 50 km (Este-Oeste), determinadas en tres zonas: alta (3815-3866 msnm), intermedia (3467 msnm) y baja (3260 msnm).

Las UPT fueron evaluadas con apoyo del INIA-EEA Santa Ana-Huancayo, MINAGRI-DRAJ, Agencias Agrarias: Concepción y Jauja. Se ejecutaron talleres y/o reuniones grupales participativos

y entrevistas, para visualizar los problemas de mayor significación, determinando el estado de las dimensiones de sostenibilidad con una propuesta de rediseño agroecológico (Machado *et al.*, 2015). Una vez identificadas las UPT (pequeña, mediana o grande) que tiene el productor con responsabilidad de gestión, manejo y riesgo de sequía y abiotismo negativo propio en todas sus parcelas, se procedió a la encuesta *in situ* sensibilizada con una charla o día de campo. Se obtuvo una distribución porcentual de la UPT, así como una distribución normal (Pabón *et al.*, 2016).

La aplicación de la encuesta estructurada se realizó a través de un muestreo irrestricto aleatorio (Aquino *et al.*, 2018). La población N=490 representó al total de UPT presentes en el área de influencia altoandina y la muestra de n: 114 UPT (Quicha Grande: 28, Acolla: 31, Cruz Pampa: 31 y Hualahoyo: 24). La encuesta incluyó: (a) Dimensión económica: IK, (b) Dimensión ecológica: IE y (c) Dimensión sociocultural: ISC. Esta estructura permitió elaborar un cuestionario con indicadores inherentes a las condiciones del AGE y de fácil comprensión para los agricultores (Machado *et al.*, 2015). La formulación y la construcción de los indicadores fáciles de obtener y medir (Barrezueta *et al.*, 2017) fueron parte del proceso de planificación, considerando que los agricultores tienen limitadas posibilidades de mejorar los índices de sostenibilidad por la complejidad de los sistemas de los que forman parte (De Olde *et al.*, 2016). La metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón *et al.* (2006) sirvieron para seleccionar y construir los subindicadores y sus variables, adaptados al cultivo de tarwi, como insumo para el análisis multicriterio. El valor de los indicadores fue ponderado multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa de cada variable respecto a la sustentabilidad. Este coeficiente multiplica el valor de las variables que forman el indicador y los indicadores de mayor índice (Sarandón y Flores, 2009; Andrade, 2017). Los indicadores y subindicadores para evaluar la sustentabilidad se describen a continuación (Sarandón *et al.*, 2006):

- **Dimensión económica (IK):** determina si los sistemas son económicamente viables.

Ponderación:

$$IK = \frac{2[(A1 + A2 + A3 + A4)/4] + B + (C1 + C2 + 2C3)/4}{4}$$

- **Dimensión ecológica (IE):** determina si un sistema es ecológicamente sustentable si conserva la base de los recursos productivos y disminuye el impacto sobre los recursos extra prediales.

Ponderación:

$$IE = \frac{(A1+2A2)/3+(2B1+B2)/3+(C1+C2)/2}{3}$$

**Dimensión sociocultural (ISC):** Determina el grado de satisfacción de los aspectos socioculturales.

Ponderación:

$$ISC = \frac{2[(2A1+2A2+2A3+2A4)/8]+2B+C+D}{6}$$

Para las comparaciones entre UPT, los datos fueron estandarizados a una escala de 1 a 5: 5 representa mayor sustentabilidad, según el grado de afectación o contribución a la sustentabilidad, y 1 la más baja o situación crítica (Pinedo-Taco *et al.*, 2018).

Se utilizó el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) con escalamiento óptimo para determinar la consistencia interna de la escala usada en cada indicador y el nivel de similitud, describiendo en un espacio de pocas dimensiones la estructura de las asociaciones entre variables, así como las similitudes y diferencias entre las UPT (Benítez-Badillo *et al.*, 2016). La consistencia interna de los datos fue calculada considerando un alfa de Cronbach dentro del límite de 0,7 a 0,9 inmersa en la escala de Likert de 5 puntos, que indica buena consistencia interna para la escala. Valores menores revelan débil relación entre las variables analizadas (González y Pazmiño, 2015). Para sistematizar los datos se utilizaron hojas de cálculo (Excel 2016) y se analizaron con el paquete estadístico SPSS V23.

Para el cálculo del índice de sustentabilidad general (IS-G) fue necesaria la relación general (Sarandón *et al.*, 2006):

$$IS-G = \frac{IK + IE + ISC}{3}$$

definiendo un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el IS-G para considerar una UPT sustentable. Este umbral debe ser igual o menor que el valor medio de la escala, es decir, 3. Cada valor del IS-G se estratificó (Pinedo-Taco *et al.*, 2018) con un gradiente ascendente para los procesos

menos sustentables (< 3) y más sustentables ( $\geq 3$ ), como se indica: muy crítica (0 a 1,99), crítica (2 a 2,99), débil (3 a 3,99), media (4 a 4,99) y alta (> 5).

## Resultados y discusión

El análisis de consistencia interna de los 21 indicadores/subindicadores mostró valores de 0,867 y 0,783 alfa de Cronbach inmersa en la escala de Likert de 5 puntos, lo que indica buena consistencia y pertinencia interna de los datos, determinando los niveles de asociación, relaciones de dependencia y semejanza de las UPT. Estos resultados coinciden con lo hallado por Pinedo-Taco *et al.* (2018) en la sostenibilidad de producción de quinua. En la Figura 1 se observa que las UPT de Quicha Grande (en verde) con bajo rendimiento de grano de tarwi (muy crítica) y poco conocimiento y conciencia ecológica (crítica) y Hualahoyo (en rojo) con alta incidencia de plagas y enfermedades (muy crítica) son consideradas como no sustentables; Cruz Pampa (anaranjado) con bajo manejo de residuos de cultivo (crítica, no sustentable) y buen manejo de cobertura vegetal (media, sustentable) indica que están supeditados a la altitud de la zona altoandina. Las UPT de Acolla y las demás localidades (UPT específicas) se encuentran compartiendo espacios entre las

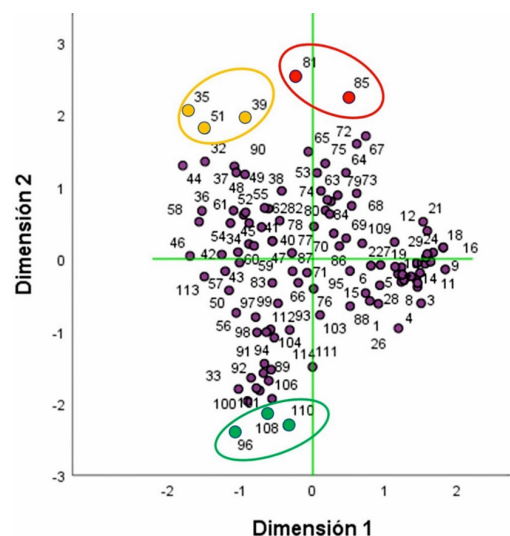


Figura 1. Puntos de objeto etiquetados por número de caso (UPT) del análisis de consistencia. Las UPT circunscritas en verde corresponden a Quicha Grande (categoría muy crítica a crítica), en rojo a Hualahoyo (categoría muy crítica) y anaranjado a Cruz Pampa (categoría media a crítica).

dimensiones 1 y 2, lo que es muy representativo para definir la sustentabilidad de las UPT por su mayor asociación entre los indicadores-variables.

En relación con el análisis de sustentabilidad económica (IK), el 80,7% de las UPT son económicamente sustentables ( $IK \geq 3,21$ ) y el 19,3% presenta una sustentabilidad crítica ( $< 3$ ). El valor más bajo y menos sostenible fue de 1,58 (Tabla 1), que indica sustentabilidad muy crítica. Los indicadores que afectan la sustentabilidad económica son superficie de producción para autoconsumo, dedican menos de una hectárea para autoconsumo, rendimiento promedio de grano (tarwi) entre 1-1,5 t ha<sup>-1</sup> y número de vías de comercialización con solo dos canales.

Sin embargo, las condiciones de sustentabilidad para las UPT se dan en un contexto de integración multidimensional. Esto explica que con autosuficiencia alimentaria, dos variables alcanzaron valores superiores a 4 (diversificación de la producción e incidencia de plagas y

enfermedades), lo cual indica sustentabilidad media, es decir, mantienen una diversificación de la producción entre cuatro y cinco cultivos, en este orden, papa, tarwi, haba, quinua y cebada, controlando las plagas y enfermedades a niveles de 6-10% por los cultivos múltiples que practican. Valores mayores de 3 (sustentabilidad débil) alcanzan un ingreso mensual por grupo de 240 a 270 dólares USA, comercializan tres productos (papa, tarwi y haba o quinua), y son dependientes de insumos externos entre 40-60%. El valor promedio fue de 3,21, que permite predecir condiciones económicas favorables y estables. Sin embargo, la sustentabilidad económica alcanzada no necesariamente está enmarcada en una lógica monetaria, sino en la capacidad de gestión y decisión para administrar los recursos locales disponibles.

Desde el punto de vista ecológico, el 100% de las UPT evaluadas son ecológicamente sustentables ( $IE \geq 3$ ), no presentan una situación crítica para la sustentabilidad, y las actividades

Tabla 1. Evaluación de las dimensiones de sustentabilidad de unidades productoras de tarwi (UPT) utilizando el análisis multicriterio.

Variables	Subindicadores									IK	
	A				B			C		Dimensión Económica	
	A1	A2	A3	A4		C1	C2	C3	Indicador	> 3	< 3
$\bar{X}$	4,0	1,58	2,19	4,09	3,46	3,55	2,69	3,72	3,21	80,7	19,3

A: Autosuficiencia alimentaria. A1: Diversificación de la producción (Producto: cultivos). A2: Superficie de producción de autoconsumo. A3: Rendimiento promedio de grano (tarwi). A4: Incidencia de plagas y enfermedades. B: Ingreso neto mensual por grupo. C: Riesgo económico. C1: Diversificación para la venta (producto: si comercializa). C2: Número de vías de comercialización (canal). C3: Dependencia de insumos externos (%).

Variables	Subindicadores									IK	
	A				B			C		Dimensión Económica	
	A1	A2	A3	A4		C1	C2	C3	Indicador	> 3	< 3
$\bar{X}$	4,0	1,58	2,19	4,09	3,46	3,55	2,69	3,72	3,21	80,7	19,3

A: Autosuficiencia alimentaria. A1: Diversificación de la producción (Producto: cultivos). A2: Superficie de producción de autoconsumo. A3: Rendimiento promedio de grano (tarwi). A4: Incidencia de plagas y enfermedades. B: Ingreso neto mensual por grupo. C: Riesgo económico. C1: Diversificación para la venta (producto: si comercializa). C2: Número de vías de comercialización (canal). C3: Dependencia de insumos externos (%).

Variables	Subindicadores								ISC	
	A				B	C	D	Dimensión Sociocultural		
	A1	A2	A3	A4				Indicador	> 3	< 3
$\bar{X}$	3,52	3,75	3,18	4,01	3,78	3,21	3,62	3,60	91,23	8,77

A: Satisfacción de las necesidades básicas. A1: Vivienda. A2: Acceso a la educación. A3: Acceso a salud y cobertura sanitaria. A4: Servicios. B: Aceptabilidad del sistema de producción. C: Integración social a sistemas organizativos. D: Conocimiento y conciencia ecológica.



específicas hacia la conservación y recuperación del AGE no modifican las características de los recursos naturales, sino que las preservan, según lo señalan Tapia (2015), Meza y Julca (2015). Estos resultados son contrarios a los obtenidos por Andrade (2017) con el cultivo de brócoli en la costa peruana, donde el 96,9% de las fincas evaluadas reflejan una situación crítica para la sustentabilidad ambiental, por el uso indiscriminado de pesticidas, característica que no se observa en las zonas altoandinas. El manejo de los residuos de cultivo fue el más sustentable con IE de 4,29 (sustentabilidad media). Se manejan los residuos de cultivos por pastoreo *in situ* para aprovechar los residuos de cultivos enmarcados en siembra con 5 a 15% de pendiente (4,03) y presentan una biodiversidad temporal (4,18), porque rotan por campaña agrícola con otro cultivo que no sea una fabácea. El subindicador manejo de la cobertura vegetal obtuvo un valor 2,47 (sustentabilidad crítica, no sustentable) alcanzando entre 25-50% de cobertura vegetal. El promedio general es de 3,81 y evidencia una sustentabilidad ecológica débil por las prácticas orientadas a mantener la biodiversidad intra e interespecífica, con buena conservación de la vida del suelo. Sin embargo, presentan condiciones de fragilidad en el manejo de cobertura vegetal, implicando la aplicación de estrategias orientadas a fortalecer las prácticas sustentables con fines económicos y ecológicos.

En la dimensión sociocultural (ISC), se observó que el 91,23% de las UPT evaluadas son sustentables ( $ISC \geq 3$ ) y solo el 8,77% presenta una situación crítica para la sustentabilidad ( $< 3$ ). La gran mayoría de las UPT pueden considerarse socioculturalmente sustentables. La variable vivienda fue la más sustentable con ISC de 4,01 (sustentabilidad media),

todas cuentan con instalación de agua y luz, servicios básicos indispensables para el productor. Los demás indicadores presentan valores mayores de 3 (sustentabilidad débil), cuentan mínimamente con instalación de agua y luz, tienen la capacidad para satisfacer la demanda alimenticia familiar y generan excedentes comercializables, conservando la agrobiodiversidad y suelo, y la dinámica de desarrollo social y productivo a través de servicios básicos satisfactorios. Los resultados coinciden con los de Meza y Julca (2015). El promedio logrado, 3,6, denota aceptable estabilidad de procesos saludables e inclusivos que coadyuvan a un objetivo mayor enfocado en la calidad de vida. Esto es concordante con lo citado por Sarandón *et al.* (2006), quienes sostienen que los indicadores sociales están orientados a evaluar la satisfacción del productor, su calidad de vida y la integración social, básicamente de los productores a pequeña escala, porque utilizan los recursos productivos, promoviendo eficiencia social y cultural, además de desarrollar una aceptable gestión productiva y económica (Loaiza *et al.*, 2014).

Las tres dimensiones son sustentables con valores de IS-G de 3,21, 3,81 y 3,6 (sustentabilidad débil), alcanzando el 72,81% de las UPT actualmente sustentables (Tabla 2). Una vez estimadas las tendencias para la sustentabilidad económica, ecológica (ambiental) y sociocultural, se obtuvo en promedio un valor de 3,54 y el análisis multicriterio indica que es sustentable. Sin embargo, la escala expresa condiciones de sustentabilidad débil, por lo que se requiere implementar medidas para mejorar su valoración en los sistemas de cultivo con tarwi en la biodiversidad altoandina, con indicadores que satisfacen las condiciones de sustentabilidad, enmarcados en los sistemas ecológicamente adecuados (suficientemente

Tabla 2. Índice de sustentabilidad general y resumen porcentual por dimensión de unidades productoras de tarwi (UPT).

Valor	Dimensión						IS-G	S
	IK		IE		ISC			
114 UPT	3,21		3,81		3,60		3,54	Si
*	UPT	%	UPT	%	UPT	%	UPT	%
> 3	92	80,7	114	100	104	91,23	83	72,81
< 3	22	19,3	0	0	10	8,77	31	27,19

IK: Dimensión económica. IE: Dimensión ecológica. ISC: Dimensión sociocultural. IS-G: Índice de sustentabilidad general. S: sustentabilidad. \*: resumen porcentual de la sustentabilidad por dimensión, base 114 UPT evaluadas (Sarandón *et al.*, 2006).

productivos), económicamente viables (producción diversificada y superficie de producción para consumo) y socialmente aceptables.

Las cuatro localidades (Acolla, Cruz Pampa, Hualahoyo y Quicha Grande) son sustentables con valores de IS-G de 3,74; 3,36; 3,66 y 3,41 (Tabla 3) estableciendo una sustentabilidad débil. El ISC Acolla tiene un valor de 4,07 (sustentabilidad media) debido a que los integrantes de las UPT cuentan con mayor conocimiento y conciencia ecológica.

Los “puntos críticos” para alcanzar la sustentabilidad en la dimensión económica (Figura 2) se observan en las UPT de Cruz Pampa, que tienen menor incidencia de plagas y enfermedades y menos dependencia de insumos externos. La situación más crítica está determinada por la superficie de producción de autoconsumo en las cuatro localidades, con menos de 1 ha. En Quicha Grande, el rendimiento medio de tarwi es limitado ( $< 1 \text{ t ha}^{-1}$ ) y en Acolla se debe disminuir el porcentaje de dependencia de insumos externos (60 a 80% de dependencia) mostrando una agricultura “moderna”.

En la dimensión ecológica (Figura 3), la situación crítica está determinada por el manejo de cobertura vegetal (25-50% de cobertura). Acolla se muestra como la más crítica en este subindicador, por practicar una agricultura mecanizada “moderna” e incorporar los residuos de cultivo. Le siguen Cruz Pampa y Quicha Grande, que aun cuando practican una tecnología “tradicional”, remueven los residuos de cultivo para forraje y/o combustible.

En la dimensión sociocultural (Figura 4) no se identificaron puntos críticos que revistan preocupación. Todas las UPT observadas cuentan mínimamente con servicios básicos. Sin embargo, es preocupante la situación de Cruz Pampa, que se presenta como la más crítica en acceso a salud y cobertura sanitaria. No cuenta con un centro sanitario y tiene baja integración social a sistemas organizativos. Quicha Grande se muestra con la necesidad de contar con conocimientos y conciencia ecológica. Es decir, no tiene conocimiento ecológico, pero usa prácticas de bajos insumos, de ahí sus bajos rendimientos por unidad de superficie.

Tabla 3. Evaluación de la sustentabilidad de las unidades productoras de tarwi (UPT) por dominio de recomendación (localidad).

Localidad	Dimensiones			IS-G	> 3		< 3		Sustentabilidad
	IK	IE	ISC		UPT	%	UPT	%	
Acolla	3,22	3,74	4,07	3,74	30	95,70	1	4,30	Si
Cruz Pampa	3,13	3,36	3,24	3,36	26	83,87	5	16,13	Si
Hualahoyo	3,36	3,66	3,81	3,66	23	95,83	1	4,17	Si
Quicha Grande	3,14	3,41	3,31	3,41	25	88,10	3	11,90	Si

IK: Dimensión económica. IE: Dimensión ecológica. ISC: Dimensión sociocultural. IS-G: Índice de sustentabilidad general por localidad.

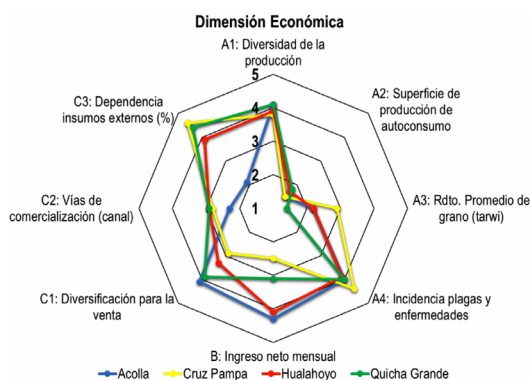


Figura 2. “Puntos Críticos” analizados en la Dimensión Económica por localidad.

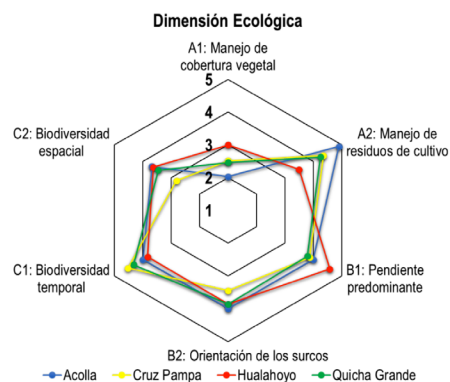


Figura 3. “Puntos Críticos” analizados en la Dimensión Ecológica por localidad.

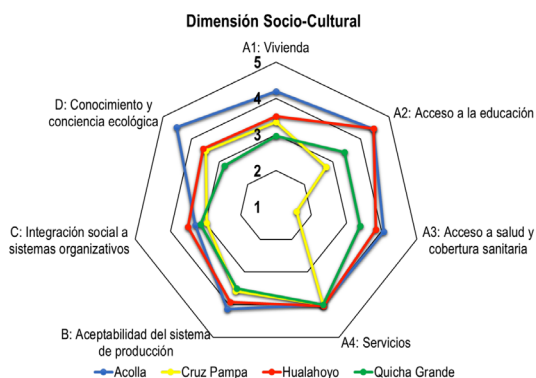


Figura 4. "Puntos Críticos" analizados en la Dimensión Sociocultural por localidad.

En las zonas altoandinas del valle del Mantaro (Junín-Perú) son pocos los estudios relacionados con la evaluación de sustentabilidad en los sistemas de producción agrícola de cultivos andinos. Cada UPT cuenta con características específicas que se derivan de la diversidad con base en recursos familiares con sistemas de subsistencia y limitaciones de la familia agropecuaria similares.

### Conclusiones

El análisis de Correspondencia Múltiple validó la consistencia interna de la escala ordinal de los

subindicadores y agrupó a las UPT por semejanzas y proximidades en dos dimensiones: la primera agrupa a las localidades de Cruz Pampa, Hualahoyo, Acolla con predominio de Quicha Grande, y la segunda a las UPT de Hualahoyo y Cruz Pampa. El Índice de Sustentabilidad General satisface las condiciones de sustentabilidad en los sistemas de cultivo de tarwi, alcanzando las tres cuartas porcentuales de las UPT como sustentables. Por dominio de recomendación, Acolla, Cruz Pampa, Hualahoyo y Quicha Grande son actualmente sustentables. Las UPT Acolla y Hualahoyo fueron las más sustentables. En los puntos críticos, de manera general, en la dimensión económica se debe mejorar la superficie de producción de autoconsumo; en la ecológica, el manejo de cobertura vegetal, y en la dimensión sociocultural, solo en Cruz Pampa, el acceso a salud y cobertura sanitaria.

Se observa a las UPT como sustentables con características que identifican un grado de sustentabilidad fuerte, y el mantenimiento de esta sustentabilidad dependerá principalmente del gobierno local, regional y nacional, los cuales deben apoyar el diseño de políticas agropecuarias y definir políticas de transferencia tecnológica. Aun cuando no se observan UPT homogéneas específicamente en las características socioeconómicas, se debe invertir en servicios e infraestructura para mejorar la competitividad del sector agropecuario.

### Literatura citada

- Andrade, C.K.  
2017. Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 16(2): 135-142.
- Aquino, V.; Camarena, F.; Julca, A.; Jiménez, J.  
2018. Caracterización multivariada de fincas productoras de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) del Valle del Mantaro, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 9(2): 269-279.
- Barrezueta-Unda, S.; Paz González, A.; Chabla-Carillo, J.  
2017. Revisión de criterios para medir la sostenibilidad agraria: adaptación de marcos de trabajo y propuesta de indicadores. *Universidad y Sociedad*, 9(1): 66-73.
- Benítez-Badillo, G.; Alvarado-Castillo, G.; Ortiz-Ceballos, G.; Sangabriel-Conde, W.; Lara-Domínguez, A.  
2016. Evaluación rápida de la sostenibilidad en la región de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Interciencia*, 41(9): 588-595.
- Canahua, A.; Román, P.  
2016. Tarwi, leguminosa andina de gran potencial. En: Leguminosas y plantas silvestres en la alimentación y la agricultura. *Leisa revista de Agroecología*, 32(2): 20-21.
- Chamba, M.D.; Suquilanda, F.A.; Vásquez, E.R.  
2016. Producción y comercialización de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el cantón Saraguro de la provincia de Loja. *Centro de Biotecnología*, 5(1): 92-102.
- De Olde, E.M.; Oudshoorn, F.W.; Sorensen, A.G.; Bokkers, E.A.; De Boer, J.M.  
2016. Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tolos in practice. *Ecological Indicators*, 66: 391-404.
- Gaviglio, A.; Bertocchi, M.; Demartini, E.  
2017. A tool for the Sustainability Assessment of farms: Selection, Adaptation and Use of Indicators for an Italian Case Study. *Resources*, 6: 1-21.
- González, J.; Pazmiño, M.  
2015. Cálculo e interpretación del Alfa de Cronbach para el caso de validación de la consistencia interna de un cuestionario, con dos posibles escalas tipo Likert. *Revista Publicando*, 2(1): 62-77.
- Harte, M.J.  
1995. Ecology, sustainability, and environment as capital. *Ecological Economics*, 15: 157-164.



- Instituto Geofísico del Perú (IGP).  
2005. Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión del cambio climático. Editor: CONAM-Consejo Nacional del Ambiente. San Borja, Lima. 94 p.
- Latruffe, L.; Diazabakana, A.; Bockstaller, C.; Desjeux, Y.; Finn, J.; Kelly, E.; Ryan, M.; Uthes, S.  
2016. Measurement of sustainability in agriculture: a review of indicators. *Studies in Agricultural Economics*, 118(3): 123-130.
- Loaiza, W.; Carvajal, Y.; Ávila, A.J.  
2014. Evaluación agroecológica de los sistemas productivos agrícolas en la microcuenca Centella (Dagua, Colombia). *Colombia Forestal*, 17(2): 161-179.
- Machado, V.M.; Nicholls, C.; Márquez, S.; Turbay, S.  
2015. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *IDESIA* (Chile), 33(1): 69-83.
- Martínez-Reina, A.M.  
2013. Caracterización socioeconómica de los sistemas de producción de la región de La Mojana en el Caribe de Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.*, 14(2): 165-185.
- Meza, Y.; Julca, A.  
2015. Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco. *Ecología Aplicada*, 14(1): 55-63.
- Minaverry, C.M.; Gally, T.  
2014. Algunas consideraciones sobre la sustentabilidad en la agricultura argentina. Herramientas para el cumplimiento de la normativa ambiental. *Avances en Investigación Agropecuaria* (AIA), 18(2): 77-93.
- Pabón, M.; Herrera-Roa, L.; Sepúlveda, W.  
2016. Caracterización socio-económica y productiva del cultivo de cacao en el departamento de Santander (Colombia). *Revista Mexicana de Agronegocio*, 38: 283-294.
- Pinedo-Taco, R.; Gómez-Pando, L.; Julca-Otiniano, A.  
2018. Sostenibilidad de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.). *Ecosist. Recur. Agropec.*, 5(15): 399-409.
- Salgado, R.  
2015. Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios Sociales* 45, 23(45): 114-140.
- Sarandón, S.; Flores, C.  
2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Rev. Agroecología*, 4: 19-28.
- Sarandón, S.; Zuluaga, M.S.; Cieza, R.; Gómez, C.; Janjetic, L.; Negrete, E.  
2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Rev. Agroecología*, 1: 19-28.
- Scheldeman, X.; Rojas, W.; Valdivia, R.; Peralta, E.; Padulosi, S.  
2015. Retos y posibilidades del uso de especies olvidadas y subutilizadas en un desarrollo sostenible. ResearchGate. 9 p.
- Suca, G.R.; Suca, C.A.  
2015. Potencial del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial. *Rev. Per. Ing. Quim.*, 18(2): 55-71.
- Tapia, M.  
2015. El Tarwi, Lupino andino, Tarwi, Tauri o Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Fondo Ítalo Peruano. Corporación Gráfica Universal SAC. Huaylas-Apurímac. 108 p.

