

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**“SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.) EN AGROECOSISTEMAS DEL
DISTRITO CHIARA, AYACUCHO”**

Presentada por:

REMBER EMILIO PINEDO TACO

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima, Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**“SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.) EN AGROECOSISTEMAS DEL
DISTRITO CHIARA, AYACUCHO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Presentada por:

REMBER EMILIO PINEDO TACO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ph.D. Salomón Helfgott Lerner
PRESIDENTE

Dra. Luz Gómez Pando
PATROCINADORA

Dr. Alberto Julca otiniano
MIEMBRO

Ph.D. Sady García Bendezú
MIEMBRO

Ph.D. Robert Richard Rafael Rutte
MIEMBRO EXTERNO

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía en todas mis acciones

A mi esposa Carolina por su comprensión, amor y acompañamiento en todo el proceso del presente trabajo de tesis

A mis hijas e hijo: Carem, Carol, Carolina y Rember, por su apoyo y colaboración y ser la motivación de mi constante superación

A la memoria de mi padre quien me inculcó orden, respeto, disciplina y jamás claudicar ante situaciones difíciles

A mi madre que gracias a Dios me acompaña y sigue siendo la motivación para salir adelante

AGRADECIMIENTO

A la Dra., Luz Gómez Pando, patrocinadora de la presente tesis por su invaluable contribución en el desarrollo del presente trabajo de investigación

Al Dr. Alberto Julca Otiniano, miembro del Comité Concejero y profesor de cursos de Doctorado en Agricultura Sustentable, quien me ayudó en entender y aplicar el enfoque de sistemas para evaluar los agroecosistemas y por sus concejos y asesoría para culminar la presente tesis

Al Dr. Sady García, miembro del comité concejero, por sus valiosos aportes y comentarios en el desarrollo de la investigación

Agradecimiento especial a los docentes del programa de Doctorado de Agricultura Sustentable de quienes me llevo un gran legajo de conocimientos y experiencias y que han fortalecido mis competencias profesionales

Mil gracias a mis compañeros del Programa de Doctorado de Agricultura Sustentable, por sus opiniones y aportes en los resultados presentados durante los seminarios de investigación

Al personal administrativo de la EPG por su colaboración y apoyo en todos los trámites durante el desarrollo del plan de estudios del PDAS-UNALM

Un especial reconocimiento los ingenieros Wilbert Villano Tárraga, Estenio Durand Villafuerte y Raúl Salvatierra por su enorme apoyo y aportes durante la etapa de la investigación en campo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Cultivo de la quinua	3
2.1.1.	Origen.....	3
2.1.2.	Clasificación Taxonómica de la Quinua	4
2.1.3.	Requerimientos agroclimáticos de la quinua.....	4
2.1.4.	Zonificación agroecológica de la quinua.....	5
2.1.5.	Principales variedades comerciales de quinua en el Perú	6
2.1.6.	Descripción botánica y agronómica	9
2.1.7.	Fenología del cultivo de quinua	10
2.1.8.	Insectos plaga del cultivo de la quinua.....	11
2.1.9.	Principales enfermedades de la quinua	12
2.2.	Importancia agroeconómica	12
2.2.1.	Evolución y perspectivas del cultivo de quinua	12
2.2.2.	Producción regional de quinua en Ayacucho	14
2.2.3.	Destino de la producción	15
2.2.4.	El cultivo y la capacidad de adaptación al cambio climático.....	16
2.3.	Contexto nacional del sector agrario	17
2.3.1.	Problemática del sector agropecuario.....	18
2.4.	Tipificación de sistemas de producción	18
2.4.1.	Sistemas de producción	23
2.5.	Marco conceptual de la sostenibilidad	30
2.6.	Jerarquización y estandarización de principios criterios e indicadores de sostenibilidad	31
2.6.1.	Principios.....	31
2.6.2.	Indicadores	33
2.6.3.	Criterios.....	37
2.6.4.	Variables.....	37
2.7.	Enfoques y metodologías para la evaluación de la sostenibilidad	38
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
3.1.	Ámbito del estudio	41
3.2.	Descripción de la metodología del estudio.....	42
3.3.	Descripción de la metodología por fase de la investigación	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56

V.	CONCLUSIONES	104
VI.	RECOMENDACIONES	105
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
VIII.	ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Variedades comerciales de quinua en el Perú	8
Tabla 2:	Fases fenológicas del cultivo de quinua en condiciones de costa y sierra del Perú	11
Tabla 3:	Perú, producción de quinua (t) (2008-2016)	14
Tabla 4:	Tipologías de producción según acceso a recursos y medios de producción	20
Tabla 5:	Sistemas de producción de acuerdo a la mano de obra empleada y Agricultura Familiar	22
Tabla 6:	Características de sistemas de producción en la zona altoandina del Perú	29
Tabla 7:	Criterios de selección de indicadores de sostenibilidad	37
Tabla 8:	Muestra calculada proporcionalmente por comunidad	44
Tabla 9:	Variables, socioculturales, económicas y ambientales de estudio	48
Tabla 10:	Parámetros de valoración del Indicador de Sostenibilidad General (ISG)	52
Tabla 11:	Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho	54
Tabla 12:	Resumen de medias de variables cuantitativas en sistemas de producción de quinua en Chiara Ayacucho	61
Tabla 13:	Principales plagas de la quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho	67
Tabla 14:	Funciones, principio y criterios de sostenibilidad de la producción de quinua	72
Tabla 15:	Matriz de indicadores, sub-indicadores, definición y forma de medir en campo, comunidades de Chiara, Ayacucho	76
Tabla 16:	Descripción de indicadores: Dimensión Económica	79
Tabla 17:	Descripción de indicadores: Dimensión Ambiental	80
Tabla 18:	Descripción de indicadores: Dimensión Social	83

Tabla 19:	Indicadores, sub-indicadores y escalas de valor en la dimensión económica. Comunidades de Chiara, Ayacucho	85
Tabla 20:	Matriz de Indicadores, subindicadores y valor en la dimensión ambiental. Comunidades de Chiara Ayacucho	86
Tabla 21:	Matriz de indicadores, subindicadores y valor en la dimensión social. Comunidades de Chiara, Ayacucho	87
Tabla 22:	Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho	92
Tabla 23:	Valor de los indicadores de sostenibilidad de producción de quinua, con el método de análisis multicriterio en las comunidades de Chiara, Ayacucho (n=92)	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	1:	Secuencia histórica de la producción nacional de quinua: 1992 - 2016	13
Figura	2:	Evolución de la superficie cultivada de quinua en Ayacucho (2003 – 2013).	15
Figura	3:	Pilares del desarrollo sostenible.	30
Figura	4:	Zona de estudio	42
Figura	5:	Vista panorámica de ubicación de los centros poblados del ámbito de estudio	42
Figura	6:	Secuencia metodológica para la construcción y definición de indicadores del estado de los sistemas de producción y agroecosistemas en comunidades de Chiara, Ayacucho	50
Figura	7:	Proporción de Género responsables del manejo de las parcelas de quinua. Año 2016	56
Figura	8:	Productores de quinua agrupados por rangos de edad. Año 2016	57
Figura	9:	Nivel de estudios y lugar de residencia de los productores de quinua de las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016	58
Figura	10:	Participación de productores (%) de las comunidades de Chiara, Ayacucho por tipo de oferentes de servicios de capacitación. Año 2016	59
Figura	11:	Agrupamiento clúster de minifundistas, pequeños y medianos productores. Año 2016	60
Figura	12:	Tipificación de productores de quinua de las comunidades de Chiara, Ayacucho, según tamaño del predio. Año 2016	62
Figura	13:	Fuente de mano de obra en la producción de quinua (%) en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016	63
Figura	14:	Superficie de siembra (ha) de los principales cultivos en el distrito de Chiara, Ayacucho. Año 2016	63
Figura	15:	Tipos de Rotación de cultivos por sistemas de producción, en Chiara, Ayacucho. Año 2016	64
Figura	16:	Nº de productores de quinua por comunidad y sistemas de producción en Chiara, Ayacucho. Año 2016	65

Figura	17: Procedencia de semilla de quinua empleada en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016	66
Figura	18: Uso de insumos y métodos de control de plagas (%).	67
Figura	19: Fuentes principales de contaminación de los agroecosistemas de Chiara. Año 2016	68
Figura	20: Productividad de la quinua por sistemas de producción en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016	69
Figura	21: Nivel de ingreso mensual (S/.) por sistema de producción en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016	69
Figura	22: Mapa conceptual para la jerarquización de indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016	71
Figura	23: Puntos de objeto etiquetados por número de caso	93
Figura	24: Diagrama de indicadores de niveles de sostenibilidad económica de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho	94
Figura	25: Diagrama de valores de indicadores de sostenibilidad ambiental de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho.	97
Figura	26: Diagrama valores de indicadores de sostenibilidad social de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho	101
Figura	27: Índice de Sostenibilidad General (IGS) de los sistemas de producción de quinua de las comunidades de Chiara, Ayacucho	102
Figura	28: Indicadores de sostenibilidad, económico (IK), ambiental (IA) y social (IS) en los sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho	102

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	1: Ficha de encuesta del agricultor	118
Anexo	2: Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción tradicional	126
Anexo	3: Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción orgánico	127
Anexo	4: Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción mixto	128
Anexo	5: Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción convencional	129

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie importante en la región andina y el reconocimiento de su valor nutritivo, económico y agronómico determinó el incremento de su demanda y por ende de su superficie cultivada y el uso de nuevas tecnologías de cultivo en su producción. Considerando estos cambios se realiza la presente investigación en el distrito de Chiara, Ayacucho, Perú, zona representativa de expansión del cultivo de quinua en valles interandinos. La investigación tuvo tres objetivos: 1. Caracterizar los sistemas y factores de producción de quinua en la zona de influencia del distrito de Chiara – Ayacucho. 2. Definir las variables e indicadores para medir el grado de sostenibilidad de la producción de quinua en Chiara. 3. Evaluar los niveles de sostenibilidad del cultivo de quinua en sistemas productivos del distrito de Chiara –Ayacucho. Se identificaron cuatro sistemas de producción de quinua, de los cuales, la producción orgánica y producción limpia o mixta son preponderantes; la producción convencional se ha relegado al tercer lugar mientras que la producción tradicional al cuarto lugar. Los sistemas de producción orgánica, mixto y convencional generan mayores ingresos al agricultor; sin embargo, se incrementó el uso de insumos externos orgánicos y sintéticos para el control de factores bióticos así como la mecanización que puede tener efectos negativos en la sostenibilidad del cultivo de la quinua en el futuro. Se identificaron diez indicadores y 24 subindicadores, los mismos que fueron estandarizados en una escala ordinal de 1 a 5, siendo 1 el menos sostenible, 3 umbral mínimo de sostenibilidad y 5 como el umbral máximo. Los sistemas de producción orgánico, mixto y convencional resultaron sostenibles, con valores mayores al umbral mínimo establecido. Sin embargo, el sistema tradicional al presentar un valor igual a 2.15, en el indicador económico (IK), no alcanzó tal condición, aun cuando posee valores mayores al umbral mínimo, en los indicadores ambiental y social. El sistema orgánico tiene mejores posibilidades de sostenibilidad, siempre que se mantengan o mejoren los factores evaluados.

Palabras Clave: Agroecosistemas, indicadores, umbral mínimo, diversificación

ABSTRACT

The quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an important species in the Andean region and the recognition of its nutritional, economic and agronomic values determined the increase of its demand and therefore the significant growth of the cultivated area and the use of new technologies of cultivation in its production. Considering these changes, the present investigation was carried out in the district of Chiara, Ayacucho, Peru, an inter-Andean Valleys zone of expansion of quinoa cultivation. The research had three objectives: 1. To characterize the systems and production factors of quinoa in the area of influence of the Chiara - Ayacucho district. 2. To define the variables and indicators to measure the degree of sustainability of Chiara's production of quinoa. 3. To evaluate the levels of sustainability of the quinoa crop in productive systems of the Chiara district -Ayacucho. Four quinoa production systems were identified, of which organic production and clean or mixed production are preponderant; conventional production has been relegated to third place while traditional production to fourth place. The systems of organic, mixed and conventional production generate greater income to the farmer; however, the use of external organic and synthetic inputs were increased for the control of biotic factors as well as the mechanization that may have negative effects on the sustainability of the quinoa crop in the future. Ten indicators and 24 sub-indicators were identified, which were standardized on an ordinal scale of 1 to 5, with 1 being the least sustainable, 3 minimum sustainability threshold and 5 as the maximum threshold. Organic, mixed and conventional production systems were sustainable, with values higher than the minimum threshold established. However, the traditional system, presenting a value equal to 2.15, in the economic indicator (IK), did not reach such a condition, even though it has values higher than the minimum threshold, in the environmental and social indicators. The organic system has better possibilities of sustainability as long as the evaluated factors are maintained or improved.

Keywords: Agroecosystems, indicators, minimum threshold, diversification

I. INTRODUCCIÓN

La FAO (2015) sostiene que para satisfacer la creciente demanda de alimentos de más de 9000 millones de personas que poblarán el planeta en el 2050, será necesario aumentar la producción de alimentos en un 60 por ciento a nivel mundial, mientras que los países en desarrollo en un 100 por ciento; por lo tanto, el principal desafío será identificar especies de cultivos versátiles que respondan al nuevo contexto agroclimático.

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), por su calidad nutritiva rica en aminoácidos esenciales contenidas en su proteína (Gómez y Eguiluz 2011), así como su amplia variabilidad genética clave para desarrollar variedades superiores, su adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo (IICA 2015, Apaza *et al.* 2013) y sus formas de utilización, se presenta como una alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta donde existen limitaciones en la producción de alimentos (FAO 2013).

A raíz del interés global generado por la declaración del 2013, como el Año Internacional de la Quinua, y por sus propiedades antes descritas, su cultivo se intensificó tanto en las zonas tradicionales de producción así como en zonas de expansión a nivel nacional (IICA 2015). Tal es el caso del departamento de Ayacucho, donde la producción de quinua fue por años bastante reducida y fue aumentando significativamente en los últimos 10 años de 244 a 2536 hectáreas, lo que representa un incremento del 939 % (DRAA 2014); observándose al mismo tiempo un incremento del promedio de rendimiento de 861 a 1227 kg.ha⁻¹, debido al empleo de nuevas tecnologías e introducción de nuevas variedades de alto rendimiento principalmente en los sistemas de producción orgánico, alternativo (o mixto) y convencional. Este incremento de área y uso de tecnologías intensivas generó cambios a nivel económico, social y ambiental en los agroecosistemas, principalmente en la zona altoandina del Perú.

Posiblemente la demanda creciente de la quinua en el mercado nacional e internacional representa una alternativa económica importante para los agricultores de las zonas productoras tradicional y nueva. Pero se debe tener en cuenta que la tecnología empleada, que incluyen prácticas agrícolas con alto uso de pesticidas y de monocultivo que generan problemas sociales, económicos y ambientales, pueden ir incrementándose y hacer insostenible el cultivo en ciertas zonas del Perú, a medida que incrementa el área de cultivo y la productividad.

Por todo lo anteriormente señalado se planteó este trabajo de investigación, cuyo objetivo general fue evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua en agroecosistemas del distrito de Chiara, Ayacucho con los siguientes tres objetivos específicos:

- ✓ Determinar y caracterizar los sistemas y factores de producción de quinua en la zona de influencia del distrito de Chiara – Ayacucho.
- ✓ Definir las variables e indicadores para medir el grado de sostenibilidad de la producción de quinua en Chiara – Ayacucho.
- ✓ Evaluar los niveles de sostenibilidad del cultivo de quinua en sistemas productivos del distrito de Chiara – Ayacucho.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cultivo de la quinua

2.1.1. Origen

Según Cárdenas (1944), mencionado por FAO (2011a) la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fue descrita en sus características botánicas por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica. El centro de diversidad genética, según Ruas *et al.* (1999) se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú, afirmación que fue corroborada por Christensen *et al.* (2007), utilizando marcadores moleculares (SSR). De acuerdo a las aseveraciones de Tapia *et al.* (2014), Gómez y Aguilar (2016) y el IICA (2015) la quinua es un cultivo andino domesticado hace miles de años por culturas de la región andina de Sudamérica. La quinua se encuentra de forma nativa en todos los países de la región andina, encontrándose desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y el sur de Chile (FAO 2011a, IICA 2015).

En cuanto al origen de las especies domesticadas, Toro (1971) estudiando quinuas del Altiplano de Puno y Cusco, relaciona la antigüedad del cultivo y el origen de la domesticación de la quinua, con el uso de las voces quechua "kiuna" y aimará "jupha" y "jiura", y las considera como pruebas de que las poblaciones de la raza aimará y quechua fueron las domesticadoras de esta planta.

Por su parte, Wilson (1990) señala que *Chenopodium hircinun*, ampliamente distribuida en los Andes probablemente es uno de los progenitores de la quinua y que a partir de allí evolucionó y se domesticó las actuales quinuas. Sin embargo, Mujica y Jacobsen (2006), mencionan que existen al menos cuatro especies silvestres de *Chenopodium* afines a la quinua y que están ampliamente distribuidas en la región sur de los Andes como parientes y progenitores de la quinua tales como *Chenopodium carnosolum*, *Ch. hircinum*, *Ch. incisum* y *Ch. petiolare*. Según Tapia *et al.* (2014), la evidencia de la amplia presencia de parientes silvestres de la quinua en los Andes Centrales evidencia de su origen y domesticación. En el Altiplano puneño, la presencia de quinuas silvestres en los campos de cultivo de quinua es

frecuente y son conocidas como “Ayara” o “Ajara” y al ser consideradas malezas son eliminadas de los campos de cultivo (Apaza y Delgado 2005).

2.1.2. Clasificación Taxonómica de la Quinua

De acuerdo al Sistema de Clasificación APG III (2009), por sus siglas en inglés Angiosperm Phylogeny Group, se clasificó a las Chenopodioideae como subfamilia de la Familia Amaranthaceae en base a datos moleculares. La clasificación actual de la quinua de acuerdo a Gómez y Eguiluz (2011) es la siguiente:

Reyno:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioideae
Tribu:	Chenopodieae
Género:	Chenopodium
Especie:	<i>Chenopodium Quinoa</i> Willdenow

2.1.3. Requerimientos agroclimáticos de la quinua

El IICA (2015) y Gómez y Aguilar (2016), afirman que la quinua, por su alta variabilidad y plasticidad genética se adapta a diferentes climas, desde aquellos calurosos y secos como el clima de la costa desértica de la costa del Perú, climas templados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. Gómez y Aguilar (2016) afirman que pueden encontrarse campos de quinua en zonas con rangos de temperatura cercana a 0 °C o hasta temperaturas cercanas a los 30 °C, siendo el rango de 15 a 20 °C las temperaturas óptimas para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Por consiguiente, el surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos se debe a que la quinua se adaptó a diversas zonas ecológicas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 msnm), zona yunga (500 hasta 2500 msnm); sierra media - zona quechua o valles

interandinos (2500- 3500 msnm) y hasta la sierra alta, Suni o Altiplano (3500 a 4000 msnm); dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos (Tapia *et al.* 2014; Gómez y Aguilar (2016).

Con respecto a su periodo vegetativo Apaza *et al.* (2013), indican que varía desde 90 hasta 240 días En sistemas de cultivo en seco puede desarrollarse con una precipitación mínima de 200 a 280 mm; sin embargo, el rango óptimo de precipitación es de 300 mm a 800 mm (Gómez y Aguilar 2016). Se adapta a suelos ácidos de pH 4.5, hasta alcalinos con pH de 9.0 (FAO 2011a). Asimismo prospera en suelos arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es variable de acuerdo con los genotipos y etapas fenológicas del cultivo, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillo, anaranjado granate y otras gamas de colores (Apaza *et al.* 2013).

2.1.4. Zonificación agroecológica de la quinua

La quinua, presenta enorme variación y plasticidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y se cultiva desde el nivel del mar hasta 4000 msnm (Apaza *et al.* 2013, IICA 2015); muy tolerante a factores climáticos adversos como sequía, heladas, salinidad de suelos entre otros que afectan al cultivo (FAO 2011a, FAO 2013, Apaza *et al.* 2013, Gómez y Aguilar 2016).

Según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla la quinua, Lescano (1994), menciona que se identifican cuatro grandes grupos: valles interandinos, altiplano, salares y nivel del mar, donde presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes. En una reciente publicación de estudios realizados en el cultivo de quinua, Gómez y Aguilar (2016), describen las características principales de cada grupo agroecológico:

- **Quinuas del nivel del mar:** grupo de quinuas adaptadas a condiciones del desierto costero y que se las encuentra en la zona de Linares y Concepción de la república de Chile, ubicada a 36 ° latitud sur.
- **Quinuas de los valles:** agrupa a quinuas que han evolucionado en los valles interandinos de la región andina comprendidos entre los 2500 a 3500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- **Quinuas del altiplano:** corresponde a quinuas que han evolucionado en el altiplano peruano boliviano, circundante al lago Titicaca, en zonas comprendidas mayormente

entre los 3600 a 4000 msnm. Incluye a tres subgrupos: Subgrupo de las quinuas sin pigmentación o denominadas blancas, sembradas alrededor del Titicaca; Subgrupo witullas, sembradas a distancia intermedia del lago a altitud en zona Suni (3500 – 4000 msnm), y el Subgrupo Kcoitos: sembradas a distancias más lejanas al lago y en zona Puna (más de 4000 msnm), muy tolerantes a las extremas condiciones ambientales.

- **Quinuas de los salares:** grupo que evoluciono en las altas planicies del sur de Bolivia conocida como salares. Son zonas desérticas con cerca de 300 mm precipitación. Las quinuas se caracterizan principalmente por el tamaño grande de sus granos mayores a 2.2 mm de diámetro conocidas como “Quinoa Real”.
- **Quinuas de las Yungas:** Grupo de quinuas adaptadas a las condiciones de las Yungas de Bolivia, en altitudes de 1500 a 2000 msnm, con plantas de tendencia a habito ramificado, con altura de planta alrededor de los 2.20 m. Al respecto, Tapia (1997), plantea similar distribución agroecológica de las quinuas propuesta por Gómez y Aguilar (2016) diferenciando en la denominación de quinua de las Yungas al misma que le da la denominación de quinuas de valles fluviales orientales.

Otros autores como Tapia *et al.* (2014), plantean una zonificación agroecológica de las quinuas por razas, considerando los parámetros morfológicos, características de adaptación ecológica, así como el análisis de ciertos caracteres cualitativos y cuantitativos propios de las quinuas de zonas andinas, clasificando la diversidad de quinua en 24 razas que incluye razas del Altiplano de Puno (sobre los 3000 msnm) y razas que se desarrollan en valles interandinos cultivadas desde 2000 a 3600 msnm.

2.1.5. Principales variedades comerciales de quinua en el Perú

En el Perú existen aproximadamente 20 variedades de amplia difusión y uso comercial de quinuas blancas y de color (Apaza, *et al.* 2013). Actualmente predomina en el mercado las quinuas blancas (IICA 2015, Gómez y Aguilar 2016).

Entre las principales variedades propias de valles interandinos son Amarilla de Maranganí, Rosada de Junín e INIA 427 - Amarilla Sacaca, Blanca de Junín, (Gómez y Aguilar 2016); mientras que entre las variedades adaptadas a los valles interandinos se encuentran, Salcedo INIA, INIA 415- Pasankalla y la variedad INIA 420 - Negra Collana.

La variedad INIA 427- Amarilla Sacaca, obtenida por el método de selección panoja surco, presenta una adaptación óptima en los pisos de valles interandinos de las regiones Cusco y Apurímac, entre los 2750 y 3650 msnm; la variedad Negra Collana es un compuesto de 13 accesiones, comúnmente conocidos como “Quyту jiwras”, se adapta a valles interandinos y a la costa peruana; la variedad INIA – 415 Pasankalla obtenida por el método de Selección panoja surco; la variedad Salcedo INIA proviene de la cruce de las variedades Real Boliviana x Sajama en Puno; la variedad tradicional Amarilla de Maranganí procedente de la provincia de Canchis – Sicuani, desarrollada a través de selección masal, con adaptación óptima en los pisos de valles interandinos de las regiones de Cusco y Apurímac, hasta los 3650 msnm y la variedad Blanca de Junin resultado de selección masal originaria de la región central del Perú, presenta una adaptación óptima en los pisos de valles interandinos hasta los 3500 msnm (Apaza *et al.* 2013).

En el departamento de Ayacucho los productores de quinua adoptaron las variedades Blanca de Junín, Salcedo INIA y la variedad INIA – 415 Pasankalla y en menor escala las variedades INIA – 420 Negra Kollana y la Amarilla Sacaca.

La Tabla 1, muestra las principales variedades de quinua de mayor demanda en el mercado peruano. Las variedades de mayor preferencia y demanda en el mercado local, nacional e internacional son las quinuas de episperma de color blanco Gómez y Aguilar (2016).

Tabla 1: Variedades comerciales de quinua en el Perú

Cultivar	Eflusión de saponina	Color de Pericarpio	Color de Episperma	Tamaño de Grano	Zonas de producción
INIA 431 - Altiplano	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Costa
INIA 427 - Amarilla Sacaca	Mucha	Crema	Blanco	Grande	Valles Interandinos
INIA 420 - Negra Collana	Nada	Gris	Negro	Pequeño	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
INIA 415 - Pasankalla	Nada	Gris	Rojo	Mediano	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Illpa INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Nada	Crema	Blanco	Grande	Altiplano, Valles Interandinos, Costa
Quillahuaman INIA	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Ayacuchana INIA	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Amarilla Marangani	Mucha	Anaranjado	Blanco	Grande	Valles Interandinos
Blanca de Juli	Poca	Crema	Blanco	Pequeño	Altiplano
Blanca de Junín	Regular	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos, Costa
Cheweca	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Huacariz	Poca	crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Hualhuas	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Huancayo	Regular	Crema	Crema	Mediano	Valles interandinos
Kankolla	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Altiplano
Mantaro	Nada	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos
Rosada de Junín	Regular	Crema	Blanco	Pequeño	Valles Interandinos
Rosada de Taraco	Mucha	Crema	Blanco	Grande	Altiplano
Rosada de Yanamango	Poca	Crema	Blanco	Mediano	Valles Interandinos

Fuente: Apaza *et al.* (2013)

2.1.6. Descripción botánica y agronómica

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva (Tapia *et al.* 2014, Apaza *et al.* 2013, Gómez y Aguilar 2016).

2.1.6.1. Morfología

Raíz: tipo pivotante, consta de una raíz principal y raíces laterales muy ramificadas. La longitud de la raíz varía de 0.8 a 1.5 m (Gómez y Aguilar 2016); puede llegar hasta 90 cm de profundidad y sostener plantas de más de dos metros (Tapia *et al.* 2014). Su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores.

Tallo: tiene forma cilíndrica en la altura del cuello de planta, luego tiene forma angulosa. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados. La textura de la medula en plantas jóvenes es blanda y a medida que madura se torna esponjosa y hueca (Tapia *et al.* 2014, Gómez y Aguilar (2016). El color del tallo varía desde verde hasta rojo, cuyas estrías y axilas pueden estar pigmentadas de color, verde rojo o púrpura (Apaza *et al.* 2103)

Hojas: son alternas y están formadas por el peciolo y la lámina; los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta y en una misma planta, lámina puede tener forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna (Apaza *et al.* 2013). Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular– granular blanca, rosada o púrpura cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés, que puede absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas, influenciando el comportamiento de las células estomáticas; por lo tanto, en la transpiración (Gómez y Aguilar 2016).

Inflorescencia: panoja con una longitud variable de 15 – 70 cm, generalmente ubicada en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciarios y de acuerdo a la forma y posición de los grupos de flores se clasifican en amarantiformes, glomeruladas e intermedias (Tapia *et al.* 2014, Gómez y Aguilar 2016). Según Apaza *et al.* (2013), el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos

de semilla por inflorescencia; sin embargo, para Gómez y Aguilar (2016) La posición del glomérulo en la inflorescencia y la posición de las flores dentro del glomérulo, determinan el tamaño y el número de los granos o frutos.

Flor: Para Gómez y Aguilar (2016), la quinua es una planta ginomonoica por presentar dos tipos de flores hermafroditas y pistiladas en la misma planta. Al respecto, Apaza *et al.* (2013) mencionan que las flores pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles y tienen 10 % de polinización cruzada.

Fruto: Es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden con facilidad a la madurez (Gómez y Aguilar 2016). El diámetro del fruto varía de 1.5 a 3 mm y está constituido del pericarpio y la semilla; el pericarpio está adherido a la capa de las semillas, presenta alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano (Tapia *et al.* 2014, Gómez y Aguilar 2016).

Semilla: Las semillas se hallan cubiertas por el episperma, en forma de una delgada membrana, el embrión está cubierto por los cotiledones y la radícula de tal forma que constituyen la mayor parte de semilla que envuelve el perisperma en forma de anillo (Tapia *et al.* 2014). Por su parte Apaza *et al.* (2013) afirman que la semilla está constituida por el perigonio que la envuelve por completo a una sola semilla de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez. Para Gómez y Aguilar (2016), las partes de la semilla son el epispermo, embrión y perisperma; el embrión conformado por dos cotiledones y la radícula constituye, aproximadamente el 30 % del volumen total de la semilla; sin embargo, tanto el color del pericarpio o capa del fruto y el color del epispermo o capa de las semillas puede ser diferentes en la misma semilla

2.1.7. Fenología del cultivo de quinua

La fenología en el cultivo de quinua estudia y describe los diferentes eventos fenológicos que se dan en su interacción con el medio ambiente dentro de los agroecosistemas. Una fase fenológica consiste el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas; en cambio, una etapa fenológica está delimitada por dos fases fenológicas sucesivas (Izarra y López 2012)

Según Gómez y Aguilar, (2016), la quinua tiene 10 fases fenológicas, mientras que para Apaza *et al.* (2013) nueve fases. Por su parte el Izarra y López (2012), proponen las siguientes 10 fases fenológicas: emergencia, dos hojas verdaderas, cuatro hojas verdaderas, seis hojas verdaderas, ramificación, panoja, floración, grano lechoso, grano pastoso y maduración. La Tabla 2, muestra las fases fenológicas del cultivo de quinua en costa y la zona altoandina

Tabla 2: Fases fenológicas del cultivo de quinua en condiciones de costa y sierra del Perú

Fase fenológica (Costa)	Rango días	Fases fenológica (sierra)	Rango días
Germinación	3 a 5	Germinación	3 a 5
Desarrollo vegetativo	33 - 38	Emergencia	6 a 8
Ramificación	33 - 38	Dos hojas verdaderas	16 - 20
Desarrollo botón floral	31 - 68	Cuatro a 6 hojas verdaderas	38 - 42
Desarrollo de la inflorescencia	39 - 97	Ramificación	50 a 52
Floración	45 - 132	Inicio de panoja	57 - 61
Antesis	52 - 136	Inicio de floración	80 - 90
Crecimiento y estado acuoso	61 - 147	Floración	95 - 132
Fruto estado lechoso	70 - 164	Madurez fisiológica	150 - 180
Fruto estado de masa	83 - 190		

Fuente: Adaptado de Gómez y Aguilar (2016), Apaza y Delgado (2005)

2.1.8. Insectos plaga del cultivo de la quinua

Durante todo su periodo vegetativo, el cultivo de la quinua es afectado por alrededor de 17 especies de plagas (insectos, enfermedades, malezas y aves) (Gómez y Aguilar 2016, FAO 2016). Entre las plagas de mayor importancia económica se encuentran la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) y el complejo ticonas (*Copitarsia turbata*, *Feltia sp*, *Heliothis titicaquensis*, *Spodoptera sp*) (Saravia y Quispe 2005). Los daños causados por las plagas de insectos en el cultivo de quinua y pueden reducir el rendimiento entre 8 a 40 %, dependiendo del tipo de insecto, la incidencia y la época de cultivo (Gómez y Aguilar 2016). Al respecto del complejo *Eurysacca sp*, Campos *et al.* (2012) indican que debido a su alta incidencia y daños económicos ocasionados al productor es una plaga clave. Al respecto del daño causado por aves plaga, Gómez y Aguilar (2016), señalan que las pérdidas pueden alcanzar hasta 40 % de las cosechas.

2.1.9. Principales enfermedades de la quinua

El mildiu (*Peronospora variabilis*) es el patógeno más severo en la quinua (considerado plaga clave) y la afecta tanto en costa, altiplano como en valles interandinos (Gómez y Aguilar 2016). Los mayores daños de la enfermedad se presentan en las hojas, ocasionan la reducción del área fotosintética de la planta y consecuentemente afecta en el desarrollo de la planta y reduce el rendimiento entre 10 y el 30 % (Gómez y Aguilar 2016, FAO 2016). En el grupo de enfermedades secundarias Se considera a las siguientes: Podredumbre radicular (*Rhizoctonia solani*); Manchas foliares (*Ascochyta hyalospora*); Ojo de gallo (*Cercospora* sp); Mancha ojival del tallo (*Phoma* spp); Moho verde (*Cladosporium* sp) y la Mancha bacteriana (*Pseudomonas* spp) (Gómez y Aguilar 2016).

2.2. Importancia agroeconómica

En el año 2012, las actividades de la cadena productiva de quinua aportaron al país 0.14 % del PBI del sector agropecuario y 0.23 % del subsector agrícola, con una contribución de 30.1 millones de nuevos soles, con una variación positiva del 7.35 % con respecto al año 2011. (MINAGRI 2013). Mientras que su aporte al PIB agrícola fue de 0.39 % en 2013 y 0.84 % en 2014 (IICA 2015)

El cultivo de la quinua se caracteriza por el predominio de pequeños productores con unidades agropecuarias menores a 3.0 ha, una alta variabilidad climática y uso de tecnología tradicional que se traduce en actividades agrícolas altamente diversificadas como condición de eficiencia económica que les permite disminuir el riesgo climático, plagas y enfermedades (MINAGRI 2013, IICA 2015). En la región Ayacucho, la actividad agropecuaria es la segunda más importante, con una participación de 14.9 % en el valor agregado bruto (VAB) departamental del 2013 (BCRP 2015).

2.2.1. Evolución y perspectivas del cultivo de quinua

Actualmente, el cultivo de la quinua está en expansión, encontrándose en la actualidad en más de 50 países y entre los principales productores del mundo destacan Bolivia, Perú y Ecuador, se estima que aproximadamente el 90 % de la producción mundial de quinua se concentra en esos países (FAO 2014a).

A nivel nacional, hasta el año 2013, Puno, ocupaba el primer lugar como el mayor productor de este grano andino, con 31 258 ha, con una participación del 69.1 %; Ayacucho con 5692 ha, el segundo lugar y una participación del 12.6 %, le seguían Cusco con 2576 ha y una participación de 5.7 %; Apurímac y Junín ambos con 1633 ha y una participación de 3.6 % (MINAGRI 2013)

En el 2014, la producción nacional de quinua fue de 114 mil toneladas, indicador que refleja un crecimiento de 119 % con relación al 2013, que solo se produjeron 52 000 toneladas. Este aumento se dio principalmente en las regiones de Arequipa (522 %), Puno (23 %) y Junín (173 %). Así, el volumen de ventas al exterior en el 2014 de quinua peruana alcanzó las 33 104 toneladas, pasando largamente las 18 250 toneladas registradas en el 2013 (MINAGRI 2014). Los picos de producción para el 2015 y 2016 caen a 105 666 y 77 652 toneladas (Figura 1).

Respecto a la reducción de los volúmenes de producción de quinua en las campañas 2015 y 2016 con respecto al volumen producido en la campaña 2014, en un análisis realizado por el MINAGRI (2017) concluye que una de las razones de la retracción del mercado fue el rechazo de los EEUU de lotes de quinua con residuos de insecticidas en límites no permitidos y por otro lado debido sobre abastecimiento, a la competencia boliviana y a los menores precios, estos factores afectaron a los pequeños productores de quinua, quienes tuvieron enormes dificultades para comercializar sus granos. Según la misma fuente el mercado norteamericano se contrajo de 62 % a 31.2 % en el periodo 2012 -2016; mientras que el otro gran mercado de la Unión Europea (UE) se contrajo de 44 % en el 2016 a un 37.3 %

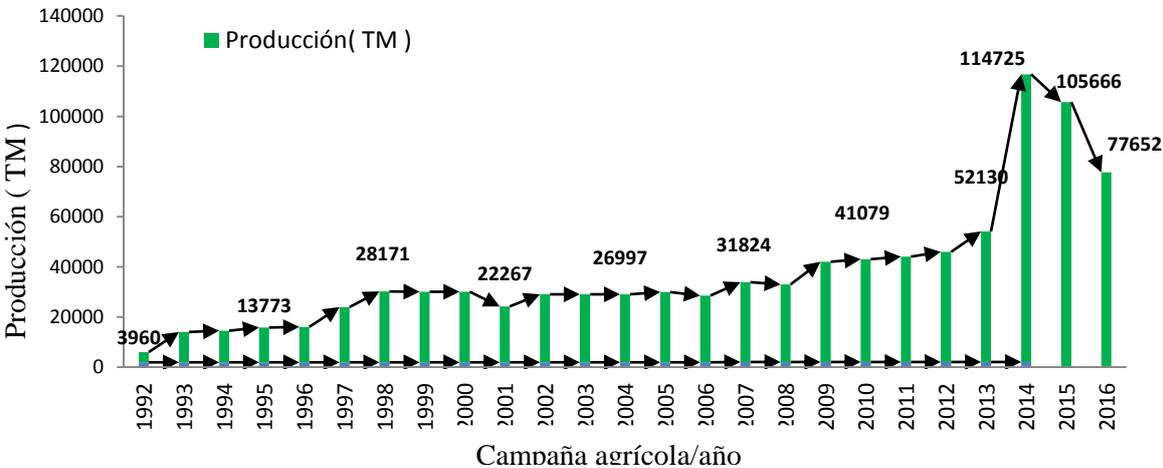


Figura 1: Secuencia histórica de la producción nacional de quinua: 1992 - 2016

A nivel departamental, Puno, registra en el año 2014 y 2015 una producción record de 6.2 mil toneladas. En los siguientes años, caen los precios internos e internacionales; lo cual afecta la producción nacional de quinua que cae consecutivamente en -7,8% en el 2015 y en - 26.5 % en el 2016 (Tabla 3).

Tabla 3: Perú, producción de quinua (t) (2008-2016)

Año	Nacional	Puno	Ayacucho	Junín	Cusco	Arequipa	La libertad	Lambayeque
2008	29 867	22 691	1721	1145	1776	892	364	-
2009	39 397	31 160	1771	1454	2028	933	415	-
2010	41 079	31 951	2368	1586	1890	1212	430	-
2011	41 182	32 740	1444	1448	1796	1190	354	-
2012	44 413	30 179	4188	1882	2231	1981	505	-
2013	52 130	29 331	4925	3852	2818	2010	1146	427
2014	114 725	36 158	10 323	10 551	3020	2690	4155	3262
2015	105 666	38 221	14 630	8518	4290	5785	3187	778
2016	77 652	35 166	16 657	3802	3937	4805	2900	28

Fuente: MINAGRI (2017)

De acuerdo al MINAGRI (2018), en el 2017, la hegemonía de la producción de quinua mantiene Puno con 39 610 t, lo cual representa el 50.4 % de la producción nacional y en orden de importancia le siguen los departamentos de Ayacucho (19,9 %), Apurímac (9.3 %), Cusco (4.7 %), Arequipa (3.9 %) y Junín (3.5 %).

2.2.2. Producción regional de quinua en Ayacucho

Según los resultados finales del IV Censo Nacional Agropecuario 2012, en la actividad agropecuaria existen 111 604 unidades agropecuarias, significando un aumento de 27.9 % respecto del censo de 1994. Cada unidad agropecuaria tiene en promedio 2.8 parcelas (0.8 ha/parcela) demostrando así una mayor atomización del sector (INEI 2013).

Ayacucho cuenta con 232 mil hectáreas de tierras con aptitud agrícola, siendo el tipo de explotación familiar y comunitaria, tecnología de tipo mayoritariamente tradicional, inadecuada infraestructura de riego y el difícil acceso al sistema financiero debido al riesgo climático, la informalidad de la propiedad y la atomización de las parcelas agrícolas (BCRP 2015). En el subsector agrícola destaca la producción de papa, maíz amiláceo, cebada grano, trigo y

últimamente la quinua en las zonas de sierra alta y los valles interandinos (DRAA 2015, BCRP 2015). El mercado nacional e internacional prefiere quinuas blancas, por tal motivo el 80 por ciento de la producción de los valles interandinos está basado en variedades de estas características (IICA 2015).

En el 2013, se registró un volumen de 4.9 mil toneladas, en un área cosechada de 4653 ha, destacando la provincia de Huamanga con una participación superior al 50 por ciento. Se orienta tanto al mercado interno como para su exportación, principalmente a Estados Unidos (BCRP 2015). En los años 2014, 2015 y 2016 la producción de quinua en Ayacucho muestra un comportamiento creciente de 10 323, 14 630 y 16 657 toneladas respectivamente de una superficie cosechada de 7695, 10 521, 11 563 ha (DRAA 2016).

La Figura 2, muestra el incremento de la superficie sembrada de quinua a nivel del departamento de Ayacucho y la provincia de Huamanga. En la provincia de Huamanga en la campaña 2003/04 el área cultivada de quinua era de 244 ha, llegando a ocupar 2536 ha en la campaña 2012/13, lo que representa un incremento de 939 % en 10 campañas agrícolas (DRAA 2014).

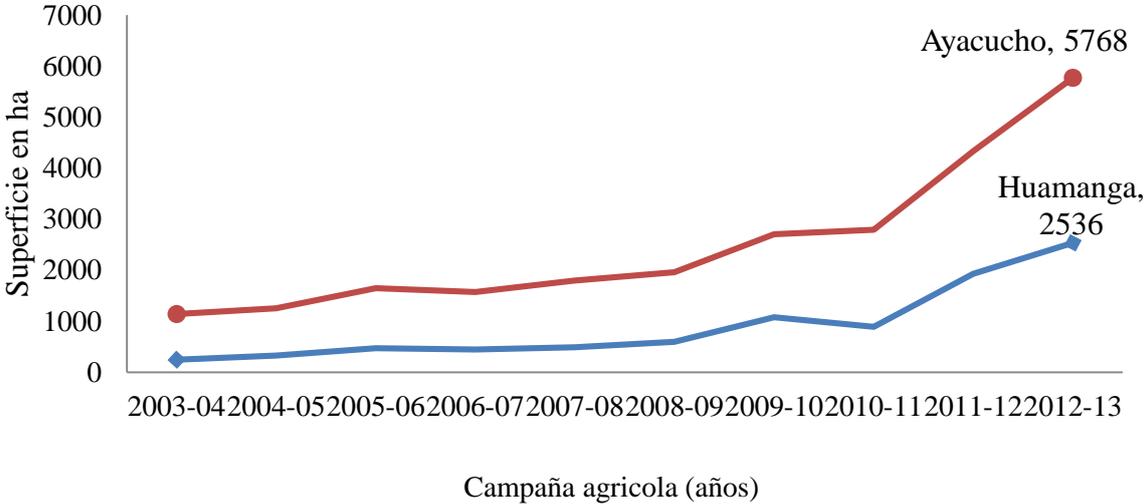


Figura 2: Evolución de la superficie cultivada de quinua en Ayacucho (2003 – 2013).
Fuente: DRAA: 2014, 2015, 2016.

2.2.3. Destino de la producción

Los principales destinos de exportación de la quinua peruana son: Estados Unidos (52.48 %) Canadá (9.93 %), Países Bajos (6.38 %) y Australia (4.96%). El 2013 Perú empezó a exportar a ocho nuevos mercados entre los que destacan Polonia, Taiwán, Singapur, Tailandia y China

mientras en el 2014 se exportó a 18 nuevos destinos siendo los más importantes Malasia, Corea del Sur, Arabia Saudita, Rumania y Portugal (MINAGRI 2014). Durante el periodo 2008 al 2016, los mercados de exportación de la quinua peruana más importantes son Estados Unidos y la Unión Europea. Del total exportado por Perú al mundo ambos mercados han representado en promedio el 73 % en el período señalado (MINAGRI 2017).

La quinua peruana se exporta al mercado internacional como convencional y orgánica, siendo para el último quinquenio (2010-2014) el 75.4 % de tipo convencional, con una tasa de crecimiento anual del 67 % (IICA 2015).

En el 2015 las exportaciones de quinua en términos de volumen, mantienen un comportamiento creciente (IICA 2015). Después de registrar 36.2 mil toneladas exportadas en el 2014, en el 2015 se eleva a 41.4 mil toneladas (14.3%); en el 2016 se mantiene esa tendencia y aumenta a 44.3 mil toneladas (7.1 %), comportamiento que permite mantener estables los ingresos por exportaciones (MINAGRI 2017). Durante el año 2017, según el MINAGRI (2018), se logró exportar 51.8 miles de toneladas, cantidad superior en 7400 toneladas respecto al 2016, con un valor FOB de US\$ 121.6 millones, cuyos principales destinos fueron Estados Unidos, Países Bajos, Canadá, Italia, Reino Unido y Francia.

2.2.4. El cultivo y la capacidad de adaptación al cambio climático

Un reciente análisis realizado por el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI) de los efectos del cambio climático en la agricultura menciona que hasta 2050 se registrarán graves efectos negativos para la productividad, escasa disponibilidad de alimentos así como el bienestar de las personas en todas las regiones en desarrollo y debido al incremento de los ingresos y al crecimiento de la población, es probable un mayor incremento de los precios agrícolas reales entre 2010 y 2050 (FAO 2011b).

Con respecto a la región Andina y en particular el Altiplano que comparten Perú y Bolivia presentan una de las geografías más difíciles para la agricultura moderna; sin embargo, en ese medio ecológico de escasa interacción biótica supervive la quinua. Los límites altitudinales del Altiplano son de 3000 a 4000 metros sobre el nivel del mar, donde los suelos son frecuentemente aluviales y de escaso drenaje (Espíndola 1986). Incluir morfología y fisiología que favorecen o desfavorecen la adaptación al cambio climático.

El incremento de la temperatura y cambios en las precipitaciones asociados al cambio climático, pueden afectar la productividad y los procesos de degradación de las tierras y traer como consecuencia mayor aridez, cambios en el número de meses secos, así como cambios en la concentración e intensidad de las precipitaciones (FAO 2011b, Maletta 2017, MINAM 2010). Por lo tanto, será necesario mantener y mejorar la fertilidad de los suelos y evitar la pérdida de nutrientes por causa de la erosión, la compactación, la salinización y otros fenómenos similares. La degradación reduce la productividad, debido al mayor uso de insumos requeridos para mantener los rendimientos.

El Perú es uno de los países latinoamericanos más afectados por los fenómenos hidrometeorológicos asociados con fenómeno de El Niño y por los disturbios atmosféricos generados en el Océano Pacífico ecuatorial (SENAMHI 2009, MINAM 2010, OCDE/CEPAL 2016). Las proyecciones climáticas para el 2030 indican que se esperan cambios de temperatura y precipitación, así como eventos más fuertes y más frecuentes provocados por el fenómeno de El Niño. El cambio climático ya es evidente en la migración de especies (por ejemplo, la papa nativa ahora se produce en zonas más altas) y los cambios en la distribución de plagas y enfermedades. El 72 % de las situaciones de emergencia nacional están relacionados con la sequía, lluvias fuertes, inundaciones, heladas y granizo, que se volvieron seis veces más frecuentes entre 1997 y 2006 (MINAM 2010). De acuerdo con las proyecciones climatológicas, se espera que la temperatura en general aumente de 1 a 2 °C y que los cambios en la precipitación pluvial varíen según la región (SENAMHI 2009).

El cambio climático afectará a la agricultura, la silvicultura, la pesca y la acuicultura por el incremento de las temperaturas y la concentración de dióxido de carbono (CO₂), modificará las condiciones atmosféricas como la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, incremento de plagas agrícolas cuyas repercusiones pueden ser graves sobre todos los componentes de los sistemas de producción y por ende la seguridad alimentaria (Maletta 2017).

2.3. Contexto nacional del sector agrario

El Perú es un país megadiverso, con una gran riqueza de zonas de vida (84), climas y diversidad genética de especies silvestres y agrícolas (Maletta 2017); sin embargo, sin embargo, por las presiones sobre los ecosistemas 492 especies de fauna y 777 especies de flora se encuentran amenazadas (PER/CEPAL 2016)

El desarrollo y la expansión de actividades que se enfocan en investigar, recuperar y diseminar esta riqueza de los cultivos tradicionales, incrementarían la resiliencia de los sistemas agrícolas, mejorarían la productividad y contribuirían a la nutrición y la seguridad alimentaria (BM/ CIAT/ CATIE 2014).

2.3.1. Problemática del sector agropecuario

El MINAGRI (2015b) en su Plan Estratégico Sectorial Multianual 2015 – 2021, identificó como el problema central el bajo nivel de desarrollo de la pequeña y mediana agricultura, que genera problemas de dependencia e inseguridad alimentaria, migración rural por la limitada presencia del estado y acceso a servicios públicos, limitada capacidad de reacción frente al cambio climático, pobreza, exclusión social, pérdida de recursos naturales y degradación de la biodiversidad; concluye que todos los elementos mencionados son causa directa de una “baja calidad de vida” y las causas directas están asociadas a las cuatro dimensiones vinculadas al desarrollo sostenible:

- a. Débil desarrollo institucional del sector agrario (dimensión institucional).
- b. Bajo nivel productivo y débil articulación al mercado (dimensión económica).
- c. Productor de zonas rurales en situación de pobreza con escaso acceso a servicios básicos y productivos (dimensión social).
- d. Aprovechamiento no sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad (dimensión ambiental).

El Ministerio de Agricultura, en “Bases para una Política de Estado en la Agricultura del Perú”, indica que aproximadamente 6.4 % de los suelos en el Perú tienen problemas de erosión severa, que representan alrededor de 8.2 millones de hectáreas, de las cuales el 65 % se encuentra en la sierra y el 31 % en la costa (MINAM 2010).

2.4. Tipificación de sistemas de producción

La tipificación o clasificación de sistemas de producción en fincas o parcelas contribuye al conocimiento de la dinámica de desarrollo agrícola en un determinado ámbito (Escobar y Berdegué 1990). La tipificación permite analizar las relaciones entre los tipos o sistemas de cultivos (uso de agua, distribución de tierras y otros recursos comunes) y otros aspectos como relaciones con el mercado y asociatividad entre otros. Al respecto, Maletta (2017) menciona que

los diversos modos de producción agrícola en el Perú, requieren ser clasificados en grupos o tipos de producción, lo más homogéneos posibles o similares en la estructura de las unidades de producción, tamaño de parcela, tipo de explotación, nivel tecnológico y relaciones con los mercados.

El IICA (2015), establece una clasificación de tipología de productores en relación al área cultivada la siguiente: i) tipo 1: pequeños productores que cultivan hasta 3 ha; ii) tipo 2: medianos productores que cultivan hasta 10 ha; tipo 3: grandes productores con superficies mayores a 10 ha.

Merma y Julca (2012), identificaron tres tipos de productores en la región del Alto Urubamba y las variables más importantes que determinaron la diferencia en los tipos encontrados fueron: la extensión de la finca, la actividad principal del productor, los cultivos prevalentes, el capital disponible y el nivel tecnológico del productor asociados con la gestión del predio; de esta manera pudieron establecer tres grupos: pequeños agricultores con cultivos perennes extensivos y de economía restringida que manejan de 10 a 20 ha con ingresos de 2000 a 10000 nuevos soles (NS) anual; pequeños agricultores con actividad complementaria no agrícola y economía de subsidio cuya superficie de cultivos fluctúan de 2 a 10 ha y generan ingresos 10 000 a 30 000 NS y el tercer grupo conformado por medianos agricultores con cultivos perennes intensivos y economía de capitalización y que manejan superficies de cultivos que van desde 5 a 50 ha, generando ingresos económicos que fluctúan de 30 000 a 50 000 NS (TC = 2.90).

Al respecto Maletta (2017) considera cuatro criterios para la tipificación: escala o tamaño (o de la unidad agropecuaria, su carácter de pequeña agricultura familiar, su nivel tecnológico y su orientación productiva general (agrícola, pecuaria o mixta), enfatiza que Las fincas deben medirse en función de su capacidad productiva, es decir, según su capacidad para producir productos agropecuarios (de origen vegetal y de origen animal).

En la Tabla 4, se muestran los distintos sistemas de producción tipificadas de acuerdo a la dependencia de recursos naturales, tecnologías de producción, acceso a recursos económicos, empleo de mano de obra, según a la variedad y diversidad de cultivos y destino de mercado.

Tabla 4: Tipologías de producción según acceso a recursos y medios de producción

Según dependencia del agua		Según magnitud de su producción		De acuerdo al aprovechamiento del suelo		Según los objetivos y el método		Según la variedad de productos que se cultivan	
Secano	De regadío	Agricultura subsistencia	Agricultura industrial	Agricultura intensiva	Agricultura extensiva	Agricultura tradicional	Agricultura convencional	Policultivo	Monocultivo
Es aquella desarrollo sin riego, el agua se obtiene a partir de las lluvias o el suelo.	Suministro de agua a través del agricultor. Estas aportadas por medio de cauces naturales o artificiales	Finalidad cubrir las necesidades de un pequeño grupo de individuos. La mayor parte de la producción se destina al autoconsumo.	Las cantidades producidas son inmensas. Es característica de los países industrializados y de los llamados “en vías de desarrollo”.	Típico de países industrializados, y el objetivo obtener una gran producción en un espacio relativamente reducido, el suelo tiende a su deterioro	Es practicada en una superficie amplia, por lo que el desgaste en el suelo utilizado es menor. Sin embargo el rédito económico tiende a ser pequeño	Su desarrollo es impulsado a través del empleo de métodos propios de la región donde se lleva a cabo. Dichos sistemas conforman la cultura del lugar por etapas prolongadas	Bajo el propósito de obtener réditos comerciales, producción de considerables cantidades de un determinado producto en un espacio y tiempo reducido.	Dos o más cultivos en una unidad de producción. Cultivos instalados en una misma área con especies diversas que se complementan biológicamente.	Cultivos transitorios establecidos bajo el modelo convencional. Predomina el monocultivo y requieren de un paquete tecnológico altamente dependiente de insumos externos

Fuente: Adaptado de Kolmans y Vásquez (1999), Leal (2007)

La agricultura practicada en las zonas tropicales alto-andinas (mayor a 2500 msnm) se basa en el manejo de la biodiversidad y diferentes sistemas de cultivo en una amplia gama de escenarios socioeconómicos y ambientales que permiten la autosostenibilidad de pequeños y medianos agricultores de comunidades rurales, en su mayoría (Maletta 2017). La integración espacial y temporal de las prácticas agrícolas en múltiples niveles juega un papel fundamental en la optimización de la productividad de los agroecosistemas y de los servicios ambientales, lo que sugiere que los agricultores están familiarizados con principios claves de la sostenibilidad y por ello son quizás más flexibles en sus estrategias de manejo agrícola (Fonte y Vanek 2010).

Diversos autores definen la agricultura familiar con distintos enfoques y considerando variables que se diferencian por las características propias de cada región; sin embargo, existen coincidencias que en la agricultura familiar predomina el trabajo familiar, la administración y responsabilidad de la gestión económico-productiva se le adjudica al jefe de hogar y la variable que tipifica si una explotación agropecuaria corresponde a sistemas de agricultura familiar es el tamaño de la explotación

En el contexto del Año Internacional de la Agricultura Familiar (AIAF), promovida por la FAO, la Comisión por el Año Internacional de la Agricultura Familiar (CAIAF), llegaron a la siguiente definición (MINAGRI 2015c):

"El modo de vida y de producción que practican hombres y mujeres de un mismo núcleo familiar en un territorio rural en el que están a cargo de sistemas productivos diversificados, desarrollados dentro de la unidad productiva familiar, como son la producción agrícola, pecuaria, manejo forestal, industrial rural, pesquera artesanal, acuícola y apícola entre otros, siendo esta heterogénea debido a sus características socioeconómicas, tecnológicas y por su ubicación territorial. La familia y la unidad productiva familiar están vinculadas y combinan funciones económicas, ambientales, productivas, sociales y culturales"

En la Tabla 5, se muestran sistemas de producción que existen en América Latina y específicamente en las zonas altoandinas del Perú que se distinguen por el acceso a recursos económicos, empleo de mano de obra, destino de mercado y sistemas de agricultura familiar.

Tabla 5: Sistemas de producción - mano de obra y agricultura familiar

Según relación entre producción obtenida y mano de obra empleada		Según tipos de Agricultura Familiar		
Agricultura de baja productividad	Agricultura de alta productividad	Agricultura familiar de subsistencia (AFS):	Agricultura familiar en transición (AFT):	Agricultura familiar consolidada (AFC):
Agricultura asociada a tecnologías tradicionales con alto uso de mano de obra familiar	Agricultura tecnificada de alta dependencia de insumos externos; pero de alta productividad, uso restringido de mano de obra	Condición de inseguridad alimentaria. Escasa disponibilidad de tierra, sin acceso al crédito e ingresos insuficientes. Ubicadas en ecosistemas frágiles de áreas tropicales y alta montaña. Forman parte de la extrema pobreza rural.	Emplea técnicas para conservar sus recursos naturales, cuenta con mayores recursos agropecuarios y, por lo tanto, con mayor potencial productivo para el autoconsumo y la venta. Su acceso al crédito y mercado es aún limitado.	Dispone de un mayor potencial de recursos que le permite generar excedentes. Está más integrada al sector comercial y a las cadenas productivas, accede a riego y los recursos naturales de sus parcelas tienen un mejor grado de conservación y uso, pudiendo superar la pobreza rural.

Fuente: adaptado de CAN (2011)

En los sistemas de agricultura familiar la producción está destinada al autoconsumo, aunque en los últimos años este segmento de productores tiene un rol importante en el crecimiento de las exportaciones de productos orgánicos.

2.4.1. Sistemas de producción

Los productores de quinua, utilizan parcelas que fueron usadas para sembrar papa, por lo general en épocas de lluvias (IICA 2015); utilizan métodos de siembra al voleo y en surcos que pueden realizar en forma mecanizada o manual (Soto *et al.* 2012). Actualmente se puede encontrar hasta cuatro sistemas de producción (Bolívar 2011). Los convencionales, con alta dependencia de insumos externos, servicios de mano de obra y maquinaria (Medrano *et al.* 2011); los tradicionales, en áreas cada vez más reducidas con bajos índices de producción y de productividad, y economías de subsistencia (Bolívar 2011), los sistemas mixtos o alternativos que promueven el manejo autosostenido, con prácticas de producción que incluye el uso racional de agroquímicos, manejo integrado de plagas y que intenta proporcionar un medio ambiente balanceado (Altieri y Nicholls 2000) y los productores orgánicos, que pertenecen a organizaciones y reciben asistencia técnica, para mercados de exportación (Medrano *et al.* 2011, Campos *et al.* 2017, Mercado y Ubillus 2017).

a. Agricultura tradicional

Volke y Sepúlveda (1987), sostienen que la agricultura tradicional, bajo un enfoque de productividad, es la que practica el subsector agrícola de subsistencia, que está constituido por un gran número de productores con un bajo nivel tecnológico, ocupan importantes superficies de tierra y por lo general se encuentran excluidos de los beneficios del sistema económico; producen fundamentalmente a un nivel de subsistencia y con base en tecnologías tradicionales, carecen de suficiente capital para el desarrollo de su actividad agropecuaria y están sujetos a la extracción de sus excedentes a través de relaciones de intercambio desigual, lo que no les permite acumular capital para salir de su condición de pobreza.

Este sistema de producción agrícola, se basa en el conocimiento transmitido por generaciones y se practica a pequeña escala y la aplicación de técnicas de rotación de cultivos, el uso de insumos locales y técnicas culturales de cuidado de los cultivos y de suelos; por lo tanto, los conocimientos están basados más en la experimentación práctica y observación del ambiente en el que se desarrolla; concepto ligado estrechamente a la pequeña agricultura predominante en el Perú (Malleta 2017).

Bolívar (2011), sostiene que el sistema tradicional o agricultura extensiva tiene como unidad fundamental de producción la parcela, se practica en grandes extensiones de tierras, presenta bajos índices de producción y de productividad, por lo que representa una economía de subsistencia, sin gran valor comercial;asimismo, aprovecha directamente las condiciones naturales; hace uso de técnicas y herramientas rudimentarias y la familia se incorpora al trabajo agrícola, cumpliendo cada uno de sus miembros una función específica en cada una de las etapas de la producción.

Altieri y Nicholls (2000) afirman que en general, estos sistemas son altamente diversificados, se manejan con niveles bajos de tecnología y con insumos generados localmente; dependen de energía humana o animal y de la fertilidad natural del suelo, función usualmente mantenida con barbechos, uso de leguminosas y abonos orgánicos; confrontados con problemas específicos relativos a pendiente, espacio limitado, baja fertilidad de suelos, sequías, plagas, entre otros.

b. Agricultura orgánica

La primera publicación de normativa española sobre agricultura ecológica menciona que los términos de agricultura ecológica, biológica, orgánica, biodinámica entre otros, definen un sistema agrario cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra mediante la utilización óptima de los recursos y sin el empleo de productos químicos de síntesis (Guerrero 2001). Según el SENASA (2014), los términos de “Producto Orgánico, Producto Biológico y Producto Ecológico” son sinónimos y se denomina así a aquel producto agrícola que se genera en un sistema de producción, que no utiliza insumos de síntesis química, que emplea practicas naturales biológicas y que preserva la fertilidad de los suelos y la diversidad genética de los ecosistemas.

En la agricultura orgánica la fertilidad de los suelos es el factor esencial para la salud de las plantas y los animales, obtenida a través de la incorporación de residuos de cosechas, previamente transformada en compost; por lo tanto, no es una agricultura de sustitución de insumos o una agricultura “limpia” - como se confunde habitualmente, más bien busca el manejo integrado de toda la unidad de producción considerando los diversos factores del agroecosistema (CAN 2011).

Altieri (1999), afirma que la agricultura orgánica evita e incluso excluye totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos; este sistema de producción en gran parte reemplaza las fuentes externas por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores. Por su parte Kolmans y Vásquez (1999), añaden al concepto propuesto por Altieri, que la agricultura orgánica o ecológica busca cultivar sin emplear semillas transgénicas para obtener una producción de calidad apta para el consumo humano y que, al mismo tiempo, preserva la fertilidad natural de la tierra y minimiza el impacto medioambiental.

Este sistema de producción combina métodos tradicionales de agricultura de mentalidad conservacionista con tecnologías agrícolas modernas y pone énfasis en la rotación de cultivos, el manejo de plagas de forma natural, la diversificación de cultivos y ganado, y la mejora del suelo con adiciones de abonos verdes, compost y estiércol animal (Reganold y Wachter 2016).

En el Perú, la producción orgánica está sujeta a normas establecidas por la Autoridad en Agricultura Orgánica, perteneciente al SENASA. Estas normas dan lineamientos básicos para la producción orgánica de cultivos desde la selección del terreno para la siembra hasta la comercialización del producto. El SENASA (2014), indica que el sistema de producción orgánico emplea insumos locales (naturales) aprobados por el organismo de certificación, y que cuenta con la acreditación y el reconocimiento del mercado de destino. Asimismo, el uso y manejo de los recursos naturales en la producción de quinua se debe realizar de manera racional, evitando afectar la biodiversidad, la fertilidad del suelo, haciendo uso eficiente del agua y la no utilización de productos químicos (fertilizantes, plaguicidas y fungicidas), de tal manera que la producción orgánica sea sostenible.

A nivel internacional existen distintas normas para la producción orgánica (IICA 2015; Mercado y Ubillus 2017), entre las más conocidas destacan la Federación Internacional del Movimiento de Agricultura Ecológica IFOAM (Soto 2003), la Comunidad Económica Europea (Reglamento 2092/91), los EE.UU. de América (NOP – National Organic Program), Japón (JAS – Japanese Agricultural Standards) y otros que producen e importan este tipo de productos las mismas que pueden variar de acuerdo al destino final del producto o de las normas internas de los países importadores.

El Codex Alimentarius define a la agricultura orgánica como un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo (Soto 2003)

La certificación orgánica, es un proceso que permite verificar si un sistema cumple con los estándares de producción según el Reglamento Técnico para Productos Orgánicos. Es una fase que da valor agregado al producto certificado logrando una diferencia del producto convencional, trayendo como consecuencia ventajas tanto en precio como en calidad (SENASA 2014).

La agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo más que una tecnología de producción. Se fundamenta no solo en una mejor gestión del suelo y uso de insumos locales, sino también un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa; surge desde una concepción integral, capaz de consolidar la producción de alimentos saludables en mercados altamente competitivos y crecientes (Soto 2003).

c. Agricultura mixta/alternativa o producción limpia

Altieri y Nicholls (2000) definen a la agricultura alternativa como aquel enfoque de agricultura que intenta proporcionar un medio ambiente balanceado, cuyo rendimiento y fertilidad de los suelos sean sostenidos, así como el control natural de plagas, mediante el diseño de agroecosistemas diversificados y el empleo de tecnologías auto-sostenidas. Las estrategias se apoyan en conceptos ecológicos, de tal manera que el manejo da como resultado un óptimo ciclaje de nutrientes y materia orgánica, flujos cerrados de energía, poblaciones balanceadas de plagas y un uso múltiple del suelo y del paisaje. Asimismo afirman que algunas de las prácticas o componentes de sistemas alternativos que ya son parte de tecnologías de agricultura convencional incluyen otras prácticas agrícolas que contribuyen a mantener el equilibrio en los ecosistemas:

- Rotación de cultivos que disminuyen problemas de malezas, insectos plagas y enfermedades. Aumentan los niveles de nitrógeno disponible en el suelo, reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos y, junto con prácticas de labranza conservadoras del suelo, reducen la erosión edáfica.
- Manejo integrado de plagas (MIP), que reduce la necesidad de uso de plaguicidas mediante la rotación de cultivos, muestreos periódicos, registros meteorológicos, uso de variedades resistentes, sincronización de las plantaciones o siembras y control biológico de plagas. Sistemas de manejo para mejorar la salud vegetal y la capacidad de los cultivos para resistir plagas y enfermedades.
- Técnicas conservacionistas de labranza de suelo.

- Mejoramiento genético de cultivos para que resistan plagas y enfermedades y para que logren un mejor uso de los nutrientes.

Bolívar (2011), sostiene que este tipo de agricultura está asociada a la agricultura tipo intensiva y busca constantemente un aumento de la productividad mediante la aplicación de las innovaciones tecnológicas más recientes; se da en él la especialización en la producción de determinados rubros, de acuerdo a la demanda de los mercados nacionales e internacionales, utiliza mano de obra asalariada; y aprovecha de manera más racional los recursos naturales, mediante el empleo de tecnologías más avanzadas, tales como los sistemas de riego y de almacenamiento del agua.

d. Agricultura convencional

Kolmans y Vásquez (1999) y Stephan (2015), afirman que este modelo de agricultura se basa en el uso de fuertes cantidades de insumos externos, con un gran consumo energético en forma de productos agroquímicos y maquinaria así como el empleo de semillas de alto rendimiento bajo estas condiciones y que son sistemas de producción que demanda una gran cantidad de capital y crédito. Sostienen además que la agricultura convencional llamada también industrial por Stephan (2015) se basa en prácticas inadecuadas y nocivas para la fertilidad natural del suelo, con los sistemas de monocultivo; escasa diversidad en las asociaciones y rotaciones, rotación unilateral (inadecuada) de cultivos, labranza inapropiada e innecesaria; excesiva mecanización que produce alteración y destrucción del suelo; inadecuado manejo de las excretas animales y control químico de plagas (malezas, insectos, hongos, y otros microorganismos que afectan los cultivos).

Este sistema de producción agrícola intensivo y extensivo se basa en el uso de maquinaria, insumos intensivos (fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas) y el uso de métodos y técnicas no aceptados en la producción orgánica (SENASA 2014). De acuerdo al enfoque de intensificación sostenible de la producción agrícola (FAO 2011b), la explotación convencional es intervencionista, donde gran parte de los aspectos de la producción son controlados mediante intervenciones tecnológicas como la labranza de la tierra, el control preventivo y de mitigación de plagas y malas hierbas con productos agroquímicos y la aplicación de fertilizantes minerales para la nutrición de las plantas.

Según Altieri (1999), la modernización agrícola mediante tecnologías convencionales, trajo consigo incrementos en la productividad y rentabilidad agrícola, principalmente de agricultores con tierras con situación económica compatibles, que les ha permitido integrarse totalmente a la economía de mercado; pero, la modernización también ha sido cultural, ecológica y socialmente un proceso disociador porque en nombre del progreso y adelantos tecnológicos los agroecosistemas se han transformado, distorsionado las culturas tradicionales y cambiando fundamentalmente las estructuras sociales. La sobreexplotación de recursos naturales ha provocado erosión, pérdida en la fertilidad del suelo y sedimentación aguas abajo. Estudios realizados al respecto afirman que la agricultura convencional es uno de los factores que está modificando el escenario climático a nivel global.

En la Tabla 6, se observa los atributos o características de los sistemas de producción más conocidos practicadas en sistemas tradicionales, agricultura familiar y sistemas convencionales de la zona altoandina del Perú.

Tabla 6: Características de sistemas de producción en la zona altoandina del Perú

Atributos	Agricultura Tradicional	Agricultura orgánica	Agricultura Alternativa (mixta)	Agricultura Convencional
Energía tipo usado durante la producción	Interna uso exclusivo de energía solar, natural (leña)	Uso de energía solar, natural	Combinación de fuentes naturales y energía fósil	Externa: predomina uso de energía fósil (gas, petróleo).
Escala de la actividad productiva.	Pequeñas parcelas o áreas de producción Agricultura de subsistencia	Pequeñas y Medianas áreas de producción	Medianas y áreas de producción	Medianas y grandes áreas de producción
Autosuficiencia grado de la unidad productiva rural.	Alta autosuficiencia, cubre necesidades colectivas. escaso uso de insumos externos	Mediana autosuficiencia, cubre necesidades individuales. Bajo uso de insumos externos	Mediana autosuficiencia, cubre necesidades individuales. Uso racional de insumos externos	Cubre intereses privados. Baja o nula autosuficiencia. Alto uso de insumos externos
Fuerza de trabajo: nivel organizado del trabajo	Familiar, comunal.	Familiar, asalariada, peón.	Asalariada, peón.	Asalariada, peón.
Diversidad: eco-geográfica, productiva, biológica, genética.	Policultivo, con alta diversidad eco geográfica, genética y productiva	Policultivos, cultivos en franjas, barreras vivas	monocultivos	Monocultivo, con muy baja diversidad, por especialización
Desechos: alta o baja producción.	Baja producción de desechos orgánicos, propios	Baja producción de desechos orgánicos, propios	Baja producción de desechos orgánicos, propios	Alta producción de desechos externos: agroquímicos
Conocimiento: tipo empleado durante la apropiación/producción.	Local, tradicional holística, basada en hechos y creencias y conocimientos que se transfieren en el tiempo a las nuevas generaciones	Especializado, basado en la demanda del mercado	Especializado con conciencia ecológica del productor	Especializado, ciencia convencional, basado solo en objetivos, transmitido por vía escrita, amplia difusión
Tipo de productor y destino de producción	Pequeños productores, producción mayoritaria para autoconsumo. Productores vinculados con la conservación de variedades nativas	Pequeños, medianos productores, producción para el mercado	Medianos y grandes productores	Grandes productores, producción para el mercado

2.5. Marco conceptual de la sostenibilidad

La sostenibilidad viene de la mano de tres componentes: económico, ambiental y social (Figura 3); pero el aspecto económico es, aun hoy, considerado el factor que sitúa al concepto de sostenibilidad más cerca o más lejos de la crítica sistémica. Por esta razón, se considera que la satisfacción de las necesidades de los productores (objetivos económicos y sociales) no puede ser lograda a expensas de los recursos naturales (objetivos ecológicos) (Arnés 2011).

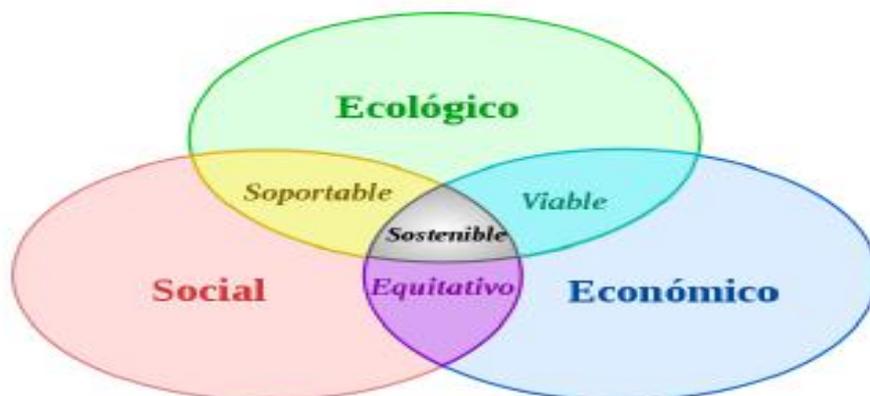


Figura 3: Pilares del desarrollo sostenible. Fuente: Dreo (2007), citado por Arnés (2011)

Según Sarandón (2002), la agricultura sostenible debe cumplir satisfactoria y simultáneamente cuatro requisitos: ser suficientemente productiva; económicamente viable; ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global) y ser cultural y socialmente aceptable.

De acuerdo con las previsiones demográficas de la FAO (2011b), la población mundial aumentará de 6500 millones al año 2050 a 9200 y el incremento se dará en mayor proporción en países en desarrollo. La FAO en su publicación “Ahorrar para Crecer” para la sostenibilidad de los sistemas de producción principalmente en países en vías de desarrollo, plantea como nuevo paradigma la intensificación sostenible de la producción agrícola basado en principios económicos ambientales, sociales e institucionales. Asimismo, define a la Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA) como el incremento de la producción en la misma área de tierra, reduciendo los efectos negativos para el medio ambiente y aumentando la contribución al capital natural y el flujo de servicios ambientales. Indica además que básicamente el enfoque ecosistémico emplea insumos como la tierra, el agua, las semillas y el fertilizante para complementar los procesos naturales que respaldan el crecimiento de las plantas, tales como la polinización, la depredación natural de las plagas y la acción de la biota

del suelo que permite a las plantas acceder a los nutrientes, sin alterar significativamente el equilibrio de los agroecosistemas.

Por su parte la ONU (2015), menciona que según lo acordado internacionalmente para el 2030 será necesario asegurar sistemas de producción de alimentos sostenibles con prácticas agrícolas que incrementen la productividad y la producción. Asimismo, recomienda realizar prácticas agrícolas que propicien la mantención de los ecosistemas, el fortalecimiento de la resiliencia y la capacidad de adaptación al cambio climático, al clima extremo, la sequía, inundaciones y otros desastres y que mejoren progresivamente la tierra y la calidad del suelo. Asimismo, garanticen el acceso y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos y conocimientos tradicionales asociados.

Con respecto a la intensificación de la producción agrícola Tillman *et al.* (2011) mencionan que la demanda mundial de alimentos está creciendo rápidamente, gran parte de las tierras de cultivo actuales tiene rendimientos muy por debajo de su potencial, y la actual trayectoria global de la expansión agrícola tiene serias implicaciones a largo plazo para el medio ambiente. Al respecto la FAO (2011b) sostiene que frente a la necesidad de incrementar la producción agrícola para proveer de alimentos y fibra a la población mundial en constante aumento, se requiere intensificar la producción agrícola en las mismas áreas de cultivos disponibles, incorporando tecnologías sostenibles en términos, económicos, ambientales (salud de suelo, gestión de plagas, manejo y conservación de la agrobiodiversidad) sociales (acceso a bienes y servicios de capacitación y asistencia técnica) e institucionales traducidos en políticas públicas que promueva la conservación y gestión racional de los recursos y medios de producción local.

2.6. Jerarquización y estandarización de principios criterios e indicadores de sostenibilidad

2.6.1. Principios

Lammerts *et al.* (1997) afirman que los principios son reglas o leyes fundamentales, que sirven como base para el razonamiento y la acción, tienen el carácter de objetivo, o actitud frente a una función de ecosistema o a los aspectos relevantes del sistema social que interactúa con el ecosistema, y son elementos explícitos de una meta. Dichos principios están ligados con el logro de un sistema económicamente factible, socialmente deseable y ambientalmente viable; y se basan en la “equidad”, no sólo dentro de la generación presente sino especialmente en relación a las generaciones futuras.

Prabhu *et al.* (1999) citados por Bolívar (2011), sostienen que un principio constituye el marco del desarrollo sostenible. Es una verdad o ley fundamental como base del razonamiento o la acción y sustenta los criterios, indicadores y verificadores establecidos. Asimismo, indica que el sistema jerárquico del modelo de evaluación comprende seis principios básicos de sostenibilidad de un sistema de producción en base a componentes económicos, ambientales y sociales:

Principio 1: el respeto y cuidado de la vida de la comunidad favorece el desarrollo sostenible. Es un principio ético. Significa que el desarrollo no debe estar a expensas de otros grupos externos que no tienen relación con la vida de la comunidad.

Principio 2: la calidad de vida humana se sustenta en el desarrollo armónico de las personas, los recursos naturales y el medio ambiente. Para lo que realmente debe servir el desarrollo es para mejorar la calidad de vida humana. El crecimiento económico es un componente importante del desarrollo, pero no puede ser una meta en sí mismo.

Principio 3: la conservación y protección de la biodiversidad y el medio ambiente favorecen el desarrollo sostenible. El desarrollo basado en la conservación debe incluir una acción deliberada para proteger la estructura, funciones y diversidad de los ecosistemas, así como el medio ambiente.

Principio 4: el manejo del ecosistema dentro de los límites de su capacidad, con políticas que equilibren el volumen de población, su modo de vida y la capacidad del ecosistema; por lo tanto se debe desarrollar esa capacidad mediante una gestión cuidadosa para conseguir bienes y servicios de calidad de forma sostenible.

Principio 5: la cultura de la comunidad debe estar acorde con el desarrollo sostenible. La comunidad debe promover valores que apoyen la nueva ética y eliminar aquellos que son incompatibles con una forma de vida sostenible.

Principio 6: la autogestión y pertinencia comunitaria es fundamental para el desarrollo sostenible. Las comunidades adecuadamente motivadas, comprometidas, responsabilizadas e informadas pueden y deben contribuir a las decisiones que les afectan y cumplen una función esencial en el logro del desarrollo sostenible

Por otro lado, la FAO (2014b), en su publicación “Building a common vision for sustainable food and agricultura” menciona que los principios para una alimentación y una agricultura sostenibles están basadas en cinco principios complementarios: los dos primeros respaldan el sistema natural el tercero el sistema social y el 4 y 5 relacionan a ambos sistemas. Refiere asimismo, que una agricultura sostenible y productiva requiere la adopción de una visión sistémica; los principios en mención son los siguientes:

- a. Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos con enfoque ecosistémico.
- b. Promover acciones directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales.
- c. Proteger y mejorar los medios de vida rurales y el bienestar social, con modelos de explotación agrícola que se enfocan no sólo en el bienestar económico, sino en el cuidado del medio ambiente y acceso de los agricultores a bienes y servicios.
- d. Aumentar la resiliencia de las personas, de las comunidades y de los ecosistemas, al cambio climático y a la volatilidad del mercado
- e. Propiciar la buena gobernanza para la sostenibilidad tanto de los sistemas naturales como de los sistemas humanos.

2.6.2. Indicadores

La evaluación de sostenibilidad con indicadores debe integrar los siguiente tres aspectos: 1) partir de los principios básicos y atributos del desarrollo en equilibrio, 2) delimitar el problema bajo estudio y 3) relacionar los principios generales de sostenibilidad con criterios de diagnóstico seleccionados para el objeto de estudio (Massera *et al.* 1999). Por lo tanto, la lista de indicadores no debe ser exhaustiva; se debe incluir solamente a aquellos con una influencia crítica para el problema bajo estudio (Camino y Muller 1993).

Según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), un indicador es un parámetro que identifica y proporciona información acerca de un proceso, medioambiente o área, con un significado que se extiende más allá del valor directamente asociado al parámetro (OCDE 1993). Un indicador cuantifica y simplifica un fenómeno, facilita el entendimiento de realidades complejas e informa sobre cambios en un sistema.

Los indicadores pueden ser cualitativos, cuantitativos, cuali-cuantitativos, Según Claverias (2000) los indicadores cuantitativos son aquellos cuantificables de forma exacta o generalizable, pudiendo ser de medida directa o indirecta; mientras que los indicadores

cuantitativos o subjetivos, hacen referencia a información basada en percepciones subjetivas de la realidad cuando estas son difícilmente cuantificables. A su vez, los indicadores pueden ser índices, es decir, un valor agregado de otros indicadores individuales; en tanto describen procesos específicos; entonces deben ser específicos y particulares dentro de los procesos en los que hacen parte y, pueden ser inapropiados para describir otros sistemas; en conclusión no existen indicadores universales (Masera *et al.* 1999).

La palabra indicadores es usada indistintamente sin importar a veces que se trate de una simple razón, una proporción, un porcentaje, una tasa, un índice. Quizás no sea necesario la diferencia entre cada uno de estos términos si al usarlos se respeta el concepto apropiado del mismo. Cada uno de estos términos tiene su propia connotación, y como tales, aunque no sea necesaria la diferenciación, sí es importante considerarla en el proceso de análisis y toma de decisiones. Un indicador viene a ser una variable, una señal útil, un índice o un fenómeno complejo

Sus fluctuaciones revelan las variaciones en los componentes del ecosistema y el recurso del sector. La posición y tendencia del indicador en relación a los criterios indican el estado actual y la dinámica del sistema. Idealmente, se necesitan indicadores compuestos, la posición y la trayectoria de los cuales dentro de un sistema de referencia de criterios relacionados permitirá una evaluación simple y general de la sostenibilidad (FAO 2001).

El estado de funcionamiento de un ecosistema o una unidad agropecuaria se conoce por el valor de sus indicadores. Así pues, los indicadores de sostenibilidad son atributos cuantificables de un sistema que puede juzgarse en relación con su sostenibilidad (Kuik y Gilbert 1999). Por lo tanto, los indicadores constituyen la representación operativa de cada uno de los elementos que configuran el equilibrio de los sistemas de producción.

Según Sarandón y Flores (2009) un indicador corresponde a una variable seleccionada que permite ver una tendencia a través del tiempo. En particular, los indicadores son variables que reducen la complejidad de la descripción de un sistema; que brindan las bases para evaluar tendencias ambientales, sociales y económicas; y que llevan implícitos el conjunto de valores evocados en el concepto de sostenibilidad (Astier *et al.* 2008).

De manera general, los indicadores se elaboran para ayudar a los investigadores a simplificar, cuantificar, analizar, comparar y comunicar información a los diferentes niveles de la sociedad

sobre fenómenos complejos. Esto para reducir el nivel de incertidumbre en la elaboración de estrategias y acciones referentes al desarrollo y al medio ambiente y para permitir una mejor definición de las prioridades urgentes y/o la implementación de políticas públicas. Los indicadores por lo tanto, se deben identificar y definir en forma participativa, considerando los límites de los territorios o los sistemas de producción.

Indicadores de la sostenibilidad

Con respecto a los indicadores de desarrollo sostenible Barrantes (2006) afirma que son aquellos que proporcionan información, directa o indirecta, acerca del futuro de la sostenibilidad con respecto a objetivos sociales o económicos específicos, cuyas características son las siguientes:

- Sensibles a cambios en el tiempo y el espacio;
- Reflejan el modo en que la sociedad utiliza sus recursos;
- Evalúan tendencias con respecto a un estado estacionario;
- Predictivos;
- Útiles para la toma de decisiones, trascendiendo el ámbito académico;
- Fáciles de recolectar y aplicar

Altieri y Nicholls (2000), sostienen que es necesario desarrollar un conjunto de indicadores de comportamiento (*performance*) socioeconómico y agroecológico para juzgar el éxito de un proyecto, su durabilidad, adaptabilidad, estabilidad y equidad. Estos indicadores de comportamiento deben demostrar una capacidad de evaluación interdisciplinaria. Un método de análisis y desarrollo tecnológico no sólo se debe concentrar en la productividad, sino también en otros indicadores del comportamiento del agroecosistema, tales como la estabilidad, la sostenibilidad, la equidad, los mismos que se describen a continuación.

a. Sustentabilidad o sostenibilidad

Es la medida de la habilidad de un agroecosistema para mantener la producción a través del tiempo, en presencia de repetidas restricciones ecológicas y presiones socioeconómicas; sin embargo, la productividad de los sistemas agrícolas no puede ser aumentada indefinidamente. Los límites fisiológicos del cultivo, la capacidad de carga del hábitat y los costos externos implícitos en los esfuerzos para mejorar la producción imponen un límite a la productividad potencial. Este punto constituye el equilibrio de manejo por lo cual el agroecosistema se

considera en equilibrio con los factores ambientales y de manejo del hábitat y produce un rendimiento sostenido. Las características de este manejo balanceado varían con diferentes cultivos, áreas geográficas y entradas de energía y, por lo tanto, son altamente específicos del lugar. Un factor a considerar también son los efectos del cambio climático.

b. Agricultura sostenible

Está basada en principios ambientales, económicos y sociales, puesto que enfatiza en incrementar la productividad si afectar los recursos naturales y el medio ambiente y está arraigada en un soporte social que lo respalda, pero se requiere educación, conocimiento asistencia técnica, especialmente en países en desarrollo (Stephan 2015)

c. Equidad

Mide el grado de uniformidad con que son distribuidos los productos del agroecosistema entre los productores y consumidores locales. Puede ser que la equidad se alcance cuando un agroecosistema satisface demandas razonables de alimento sin imponer a la sociedad aumentos en los costos sociales de la producción o cuando la distribución de oportunidades o ingresos dentro de una comunidad mejora realmente.

d. Estabilidad

Es la constancia de la producción bajo un grupo de condiciones ambientales, económicas y de manejo. Algunas de las presiones ecológicas constituyen serias restricciones, en el sentido de que el agricultor se encuentra virtualmente impedido de modificarla. En otros casos, el agricultor puede mejorar la estabilidad biológica del sistema, seleccionando cultivos más adaptados o desarrollando métodos de cultivos que permitan aumentar los rendimientos.

e. Productividad

Es la medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, labor o insumo utilizado. Un aspecto importante, muchas veces ignorado al definir la producción de la pequeña agricultura, es que la mayoría de los agricultores otorgan mayor valor a reducir los riesgos que a elevar la producción al máximo. Por lo general, los pequeños agricultores están más interesados en optimizar la producción de los recursos o factores del predio que les son escasos o insuficientes, que en incrementar la productividad total de la tierra o del trabajo.

2.6.3. Criterios

El término criterio se define como una condición necesaria para obtener algún objetivo de desarrollo, definido por medio de una revisión crítica de información científica. Un conjunto de criterios proporcionarán un sistema de referencia dentro del cual evaluar o juzgar el estado del sistema explotado, tal como se refleja en los indicadores (FAO 2001). Por su parte el PNUD (2010), menciona que un criterio es el estado/aspecto del ecosistema o sistema socioeconómico ligado a un determinado principio; por lo tanto, la forma en que el criterio está formulado muestra el grado de cumplimiento del principio. Al estar caracterizado por un conjunto de indicadores relacionados, los criterios son monitoreados periódicamente con el fin de determinar los cambios y mediante el cual se podrá juzgar su éxito o fracaso de un proyecto. Por consiguiente el papel de los criterios consiste en caracterizar o definir los el conjunto de condiciones o procesos mediante los cuales se puede evaluar la sostenibilidad.

La Tabla 7, muestran los principales criterios para la definición y caracterización de indicadores de sostenibilidad de acuerdo a su confiabilidad, relación con los problemas y utilidad:

Tabla 7: Criterios de selección de indicadores de sostenibilidad

Confiabilidad y congruencia de los datos	Relación con los problemas	Utilidad
Veracidad científica	Trascendente	Aplicabilidad
Coherencia social	Reflexión social	Aprendizaje
Medición	Escalas convenidas	Manejo de aprendizaje
Accesibilidad	Actual y de cobertura amplia	Comprensible, fácil interpretación
Relevante	Actualizable	Ponderable
Relación costo beneficio	Especificidad de impacto	Función retrospectiva y prospectiva
Seguimiento	Continuidad	Comparabilidad y oportunidad

Fuente: Torres y Cruz (1999)

2.6.4. Variables

Una variable es una propiedad que caracteriza un sistema en un momento dado. Las variables tienen ciertas diferencias de comportamiento, de posibilidades de variación. Atendiendo a esas diferencias se habla de variables cuantitativas (rendimiento, ingreso económico) y de variables cualitativas o atributos (nivel de educación, grado de organización comunal Abraham *et al.* (2014)).

2.7. Enfoques y metodologías para la evaluación de la sostenibilidad

Con fines de comparación y definición de la mejor alternativa para evaluar la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua en Ayacucho se plantea la revisión teórica de enfoques y metodologías de alternativas de evaluación de sostenibilidad:

a. El enfoque del Marco MESMIS

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS), es una herramienta metodológica que, según Masera *et al.* (1999) ayuda a evaluar la sostenibilidad de sistemas de manejo de recursos naturales, principalmente en contexto de pequeña agricultura. Este enfoque es aplicable en la evaluación de proyectos o sistemas de producción: Este enfoque metodológico plantea dos características

- La sostenibilidad del manejo de los sistemas de recursos naturales se define por siete atributos generales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, equidad y autoseguridad.
- La evaluación solo es válida para un sistema de manejo de un determinado lugar geográfico (unidad de producción, parcela, comunidad). Es un proceso participativo que no requiere de un equipo multidisciplinario para su evaluación y la sostenibilidad se mide a través de la comparación de dos sistemas o más.

Este marco de evaluación permite formular indicadores agrupados en atributos, criterios de diagnóstico y puntos críticos

b. Marco SAFE

El Marco SAFE (Sustainability Assessment of Farming and the Environment Framework), desarrollado por Sauvenier *et al.* (2006) y Van Cauwembergh *et al.* (2007), quienes proponen evaluar la sostenibilidad de la actividad agraria en tres escalas: Sistema agrario, explotación agraria y parcela, adaptada por la teoría PC&I para la evaluación de bosques (Lammerts *et al.* 1997), propone un marco de tipo jerárquico compuesta por: principios, criterios, indicadores, valores de referencia, listados de forma estructurada. La metodología parte de los bienes y servicios proporcionados por los agroecosistemas que viene a ser el primer nivel de la jerarquía, denominada “principios”; de estos principios se desglosan los “criterios”, a partir de los cuales se desprenden finalmente los indicadores.

c. Método Presión Estado Respuesta (PER)

El modelo Presión - Estado - Respuesta (PER) propuesto por la OCDE, se basa en una lógica de causalidad, resultado de las relaciones de acción y respuesta entre actividades económicas y del medio ambiente. La lógica del modelo PER, explica que las actividades humanas ejercen distintos niveles de presión sobre su entorno y los recursos naturales, de tal manera que alteran su estado inicial (Estado). Como consecuencia, los actores sociales de un determinado territorio identifican estas variaciones y toman decisiones (respuesta) y correctivos más adecuados para los puntos críticos detectados; por lo tanto, se espera una mejoría del estado del ambiente. Los indicadores de presión describen las presiones ejercidas sobre el ambiente por las actividades humanas, mientras que los indicadores de estado se refieren a la cantidad y condición o características de los recursos naturales y del medio ambiente y los indicadores de respuesta presentan los esfuerzos realizados por la sociedad o por las autoridades para reducir o mitigar la degradación del ambiente (OCDE 1993)

d. Propuesta metodológica de análisis multicriterio de Sarandón

Sarandón (2002), define a la agricultura sostenible, como aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfacen las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan. El autor antes mencionado cita a Constansa y Dayly (1992) quien plantea la idea de la existencia de un límite a la satisfacción de las necesidades, coincide con el criterio de la sostenibilidad fuerte, que considera que el capital natural puede ser sustituido por capital manufacturado, sólo en algunos casos muy puntuales. Finalmente concluye que la producción agrícola implica que no puede admitirse una rentabilidad basada en la degradación de los recursos intra o extra prediales. Propone que la sostenibilidad de la agricultura se debe evaluar en términos económicos, ambientales y sociales.

Sarandón *et al.* (2006) plantea que en la definición de las dimensiones de análisis a considerar deben surgir de los conceptos de agricultura sostenible y se debe considerar al menos tres dimensiones de evaluación: la ecológica, la económica y la socio-cultural. Por lo tanto, se debe desarrollar un conjunto de indicadores para evaluar el grado de cumplimiento de cada uno de estos objetivos planteados en un programa de evaluación de sostenibilidad de actividades agrícolas o pecuarias.

Debido a las múltiples dimensiones de la o sostenibilidad, los indicadores se pueden expresar en distintas unidades como peso, longitud, área, número, actitud, rentabilidad, entre otros (Sarandón y Flores (2009). Los valores de los indicadores deben ser estandarizados y la más sencilla es la construcción de escalas de 0 a 4, siendo 0 la categoría menos sostenible y 4 ideal, de tal manera que todos los indicadores serán directos: a mayor valor, más sostenible (Sarandón 2002)

La metodología planteada por Sarandón (2002), Sarandón *et al.* (2006) y la propuesta de desarrollo de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad del agro, planteados por Sarandón y Flores (2009) permiten detectar, en forma clara y sencilla, los principales problemas para alcanzar una mayor sostenibilidad en agroecosistemas, la cual será la metodología que se utilizará en el presente trabajo de investigación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito del estudio

El estudio se realizó en las comunidades de Kishuarcancha, Manallasac y Sachabamba del distrito de Chiara provincia de Huamanga, Ayacucho, ubicado a 3516 msnm, con coordenadas geográficas de 13° 16' 26.3" LS y 74° 12' 21.9" LO. La vegetación de la zona de estudio es bosque húmedo Montano Sub tropical (bh-MS), con baja humedad relativa en el sector de la variante, con valores promedio anual entre el 40 y 60 %. La precipitación promedio anual oscila entre los 650 y 690 mm, con temperatura entre 9 y 11 °C, con máximo de 20.7 °C y mínimo de 2.2 °C (GOREA 2012).

El departamento de Ayacucho se encuentra ubicado en la zona sur – central de los andes peruanos, con un área total de 43 815 km², equivalente al 3.4 por ciento del territorio nacional. La zona productora de quinua en Ayacucho según Gómez y Aguilar (2016) y Tapia *et al.* (2014) corresponde a la zona agroecológica de valle interandino. La producción de quinua se practica desde los 2500 msnm hasta los 3800 msnm (DRAA 2014).

La Figura 4, muestra la zona de estudio en el distrito de Chiara. La Distancia máxima entre las tres comunidades es 5 km, y la zona de producción de quinua abarca áreas comunes más centralizadas en la comunidad de Manallasac, tal como se observa en la Figura 5.

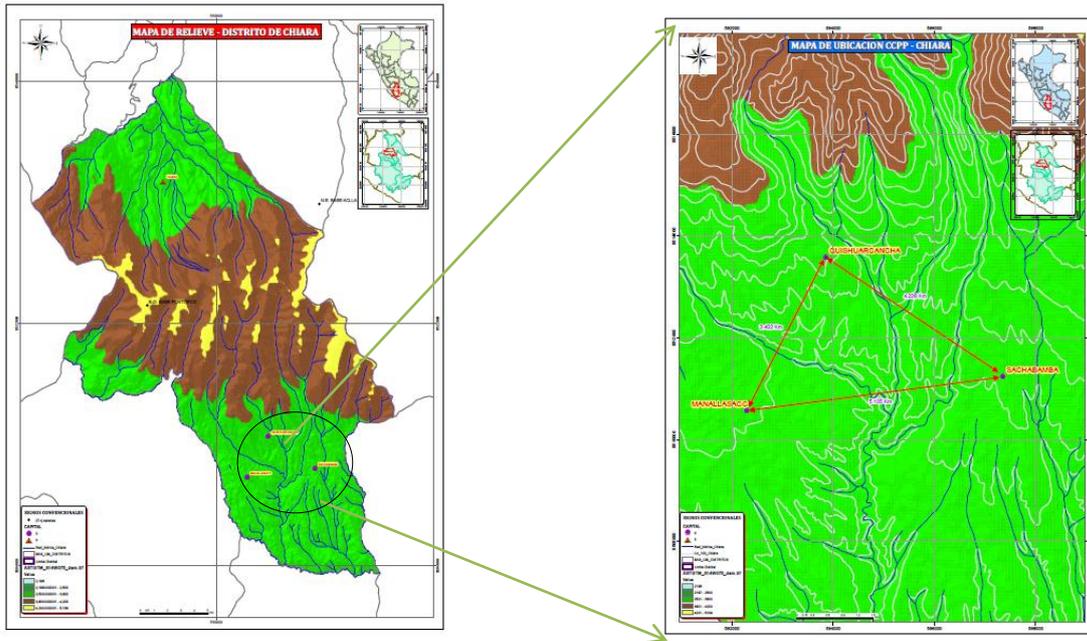


Figura 4. Zona de estudio



Figura 5: Vista panorámica de ubicación de los centros poblados del ámbito de estudio (comunidades): 1= Manallasac, 2=Kishuarcancha, 3=Sachabamba. Fuente: Google Earth

3.2. Descripción de la metodología del estudio

La investigación fue exploratoria, descriptiva, correlacional y explicativa del medio donde se realizó la caracterización de las parcelas de quinua y los factores de producción que las influyen. Con base en el análisis de la situación actual de la agricultura, se determinó participativamente una agrupación genérica sobre la forma como se ha desarrollado la agricultura y los cambios en la región y zona de estudio, referentes al cultivo de la quinua. Se consideraron criterios como tamaño de las unidades de producción, sistemas productivos o tecnología empleada, entre otros.

3.2.1. Variables e indicadores

a.- Variables independientes.

Para los fines del estudio se consideraron variables en los componentes económicos, sociales y ambientales para medir la sostenibilidad de los sistemas de producción del cultivo de quinua en la zona de estudio.

- Económicos: vulnerabilidad económica, distribución de costos y de beneficios (dimensión económica).
- Ambientales: clima, diversidad vegetal, vulnerabilidad biológica, estabilidad de los agroecosistemas, sistemas de cultivo, ecosistemas (dimensión ambiental)
- Sociales: niveles de organización, equidad de género, calidad de vida, empleo, cultura (dimensión social)

b.- Variables dependientes.

Se consideraron variables cuyas propiedades o características pueden cambiar mediante la manipulación o influencia de la variable independiente.

- Índices de sostenibilidad económico, ambiental y social

3.2.2. Población y muestra

De una población de 460 productores de quinua indistintamente del tipo de agricultura que practican, se obtuvo una muestra irrestricta aleatoria (n=92), utilizando la fórmula de Scheaffer *et al.* (1987). Luego de acuerdo al modelo de Márquez (2015), se seleccionó a los agricultores mediante muestreo sistemático por comunidades.

Para definir la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\{(Z^2)(p) * (q)(N)\}}{[(e^2)(N - 1) + (Z^2)(p) * (q)]}$$

Dónde:

n=Tamaño de la muestra	¿?
N=Población total	460 (productores de quinua de las tres comunidades)
Z=Nivel de confianza	95% (1.96)

P=Probabilidad a favor	50%
q=Probabilidad en contra	50%
e=Error muestral	10%

Entonces:

$$n = \frac{((1.96^2) * (0.5) * (0.5) * (460))}{((0.92^2) * (459)) + ((1.96)^2 * (0.5) * (0.5))}$$

n= 92

Muestra estimada: 92

Como se muestra en la Tabla 8, de las tres comunidades priorizadas se calcularon proporcionalmente muestras en base a la población de productores de quinua. Como en la zona de estudio los estratos (comunidades) presentaron diferente número de unidades de muestreo, la distribución de las unidades maestras se hizo de manera proporcional según la fórmula descrita por Márquez (2015).

Tabla 8: Muestra calculada proporcionalmente por comunidad

Distritos	N° de Agricultores	$w_i = N_i / N$	$n_i = nw_i$
Kishuarcancha	N ₁ 92	W ₁ 0.20	18
Manallasac	N ₂ 271	W ₂ 0.59	55
Sachabamba	N ₃ 97	W ₃ 0.21	19
TOTAL	N 460	1	92

N = Población; n = Muestra; Fuente: DRAA (2015)

3.2.3. Instrumentos de recolección de información

La recopilación de los datos de campo se hizo mediante la realización de una encuesta con preguntas estructuradas aplicadas a 92 productores, cuyas explotaciones agropecuarias pertenecen a tres comunidades del distrito de Chiara entre los meses de octubre de 2015 y octubre de 2016.

a. Aplicación de encuesta

Con la muestra poblacional definida se elaboró una encuesta con 55 preguntas estructuradas considerando aspectos de las tres dimensiones de la sostenibilidad (económico, ambiental y sociocultural). Para su aplicación en campo, las encuestas fueron validadas en un taller por productores, expertos locales y proveedores de asistencia técnica, seleccionando los indicadores que más podrían contribuir a la tipificación y que tienen estrecha relación con características de los productores locales (Escobar y Berdegué 1990). Las variables primarias, cualitativas y cuantitativas fueron codificadas para su posterior procesamiento y análisis.

b. Análisis de la información

La sistematización y análisis de la información obtenida de diversas fuentes se ordenó y se analizó agrupando variables cualitativas y cuantitativas, utilizando para ello técnicas de estadística descriptiva. Esta información ha servido para caracterizar los sistemas de producción, su impacto en la productividad y definir los indicadores clave para evaluar la sostenibilidad de las mismas, para las discusiones correspondientes.

Los datos e información obtenidos fueron procesados en una hoja de cálculo Excel con el paquete estadístico SPSS v 22 e InfoStat para el análisis *clúster* para agrupar a los productores de quinua en diferentes conglomerados que tengan características lo más similares posibles dentro de ellos y que sean lo más diferente a los elementos que contengan los otros grupos (INEI 2002) y el Análisis de Correspondencias Múltiple (ACM) para analizar la consistencia interna de los datos (González y Pazmiño 2015).

3.3. Descripción de la metodología por fase de la investigación

Este trabajo fue dividido en tres objetivos específicos, cuyos resultados se presentan de manera individual.

3.3.1. Caracterización de los sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el distrito de Chiara, Ayacucho

Esta etapa fue de carácter descriptivo y explicativo – no experimental, ya que describe y tipifica mediante la técnica de estadística multivariada (INEI 2002), los sistemas productivos de los agricultores de quinua. Ha consistido en la descripción del medio donde

se realizó la investigación, cuyo objetivo fue caracterizar los sistemas de producción de quinua de tres comunidades con mayor producción de quinua en el distrito de Chiara; asimismo, se identificó los factores de producción de mayor influencia en la producción y productividad de la quinua.

Esta etapa involucró una amplia revisión de información secundaria y la identificación de información faltante respecto a la situación de la producción y expansión del cultivo de quinua focalizada a nivel distrital en la zona de estudio y la prospectiva regional y nacional, su situación actual, evolución, caracterización de los sistemas de

Durante el desarrollo de la investigación se consideró la participación de los productores y otros actores relevantes de la cadena productiva de la quinua a nivel regional, provincial y distrital que ha permitido obtener información real para caracterizar la función que cumple cada componente en ambos sistemas de producción.

Con base en el análisis de la situación actual del cultivo, según información recabada se determinó participativamente una agrupación genérica sobre la forma como se ha desarrollado la agricultura en la región. Estuvo basada en criterios como tamaño de las unidades de producción, sistemas productivos o tecnología empleada, entre otros. Luego se elaboraron matrices de caracterización, ubicando en la primera columna algunos criterios de análisis (por ejemplo: tamaño de las unidades de producción, descripción de los sistemas productivos, tecnología empleada, mano de obra, financiación, vinculación con mercados) en cada una de las formas de agricultura que ha sido determinadas por el estudio.

Luego se procedió a la descripción y análisis de los aspectos naturales, agrícolas y sociales relevantes del ámbito del proyecto, con el propósito de identificar los sistemas de producción de quinua existentes y reconocer los problemas más importantes. Para la descripción de la zona de estudio en aspectos edafoclimáticos, tenencia de tierra y producción, se apoyó en información secundaria. La caracterización de los ecosistemas y sistemas productivos fue por observación directa en campo, y producto del análisis de la información levantada en las encuestas. Se analizaron las diferentes relaciones establecidas entre los componentes biofísicos, agronómicos y tecnológicos, asociados a los subsistemas agrícolas y pecuarios y su impacto en la sostenibilidad del cultivo de la quinua en Chiara.

Análisis Clúster

La investigación utilizó un análisis de *clúster* jerárquico, *apriori* no se conocía el número de grupos a formar y se dieron a conocer producto de la misma naturaleza de los datos.

Para la tipificación de productores de quinua se eligieron variables cuantitativas que explican el proceso productivo de quinua, ya que es requisito indispensable para poder realizar el análisis de conglomerados (INEI 2002). Se eligieron ocho variables: posesión de tierras en ha, experiencia en años dedicados al cultivo de quinua, área sembrada de quinua en ha, costo de producción, rendimiento, ingreso neto, utilidad neta y precio de venta. La estandarización de datos en puntuaciones Z con un rango de -1 a 1, se realizó por procedimiento interno del software (InfoStat). Este proceso es importante porque las variables seleccionadas están en distintas escalas (años, hectáreas, kilogramos, costo en soles) y podría afectar el proceso de aglomeración dándoles mayor peso a variables que contengan datos grandes como costo de producción. Seguidamente se calculó la matriz de distancias en base a distancia euclidiana al cuadrado que es la medida de similitud de mayor consistencia y utilización y como algoritmo de aglomeración al método de Ward que es el que maximiza la homogeneidad dentro de los grupos elegidos (INEI 2002). Para elegir la cantidad de grupos se realizó un análisis de la herramienta gráfica denominada dendograma.

VARIABLES EN ESTUDIO PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS DE CHIARA

Se identificaron variables de carácter social (vivienda, educación, composición familiar y niveles de integración social), económico (tenencia de tierras, fuentes de mano de obra, productividad, costo de producción, precio de venta y valor agregado de los productos primarios) y ambiental (control de plagas, contaminación, sistemas de rotación, manejo de la pendiente de los suelos, diversidad genética, entre los más importantes) tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Variables, socioculturales, económicas y ambientales de estudio

Variables en estudio	
Familiar	Ambiental
Género del responsable	Sistema de producción
Edad del productor (años)	Rotación de cultivos
N° personas por familia	Pendiente de suelos
Número de personas	Control de plagas
Lugar de residencia	Contaminación con desechos de agroquímicos
Económico	Diversidad genética
Tenencia de tierras	Eventos climáticos
Mano de obra	Plagas y enfermedades
Productividad	Social
Posesión (ha)	Asociatividad
Costo de producción	Integración social
Precio Venta	Estado de Vivienda
Mercado	Servicios de salud
Comercialización	Asistencia técnica
Transformación	Nivel de educación

3.3.2. Construcción, caracterización y definición de indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en Chiará- Ayacucho.

Las variables para identificar los indicadores económicos, ambientales y sociales de mayor importancia en la producción de quinua, fueron seleccionadas y definidas en dos talleres realizados en de Chiara. Participaron expertos locales y productores de la zona en estudio. La secuencia metodológica para definir los indicadores del estado actual de los sistemas de producción de quinua (Figura 20) fue de acuerdo a la propuesta planteada por Sarandón *et al.* (2006) y Sarandón (2002) a las que se adecuaron algunas modificaciones en función a los objetivos del estudio.

La dinámica de los talleres ha consistido en explicar a los participantes sobre los fundamentos de análisis de varios factores para medir la sostenibilidad del cultivo, definir indicadores y la estructuras de la ficha de encuestas. De acuerdo a Claverias (2000), en la construcción de indicadores se debe partir de las necesidades y problemas de los productores, así como de los proyectos y acciones que proponen las instituciones interesadas en la promoción del desarrollo. Sobre esta base se elabora un marco conceptual, luego los conceptos o las definiciones más importantes de ese marco conceptual que recogen los intereses y las perspectivas de los actores sociales se descomponen en variables y éstas en indicadores observables, medibles o calificables (Figura 6).

Conforme a la propuesta metodológica de Sarandón *et al.* (2006) y Sarandón (2002), se siguieron los siguientes pasos:

- a) Establecimiento del marco conceptual. Se analizó lo que se entendía por agroecosistema, sus componentes y producción sostenible de quinua (marco conceptual).
- b) Definición de los objetivos de la evaluación y su aplicabilidad en campo.
- c) Caracterización de los agroecosistemas. Se determinó *a priori* que en la zona existen sistemas de producción tradicional, orgánica, mixta y convencional.
- d) Análisis de la información existente. Se revisaron publicaciones sobre producción de quinua a nivel nacional, regional y local y se discutió sobre los problemas que afectan el cultivo y los impactos en el medio ambiente.
- e) Definición de las dimensiones del desarrollo sostenible. Se consideraron aspectos económicos, ambientales y sociales como las tres dimensiones de la sostenibilidad de los sistemas de producción en la zona de estudio.
- f) Elaboración de una matriz para la definición de los indicadores y subindicadores relacionados con cada dimensión de la sostenibilidad. Luego definir rangos y valores para los subindicadores, de tal manera que faciliten medir en forma práctica los indicadores.
- h) Finalmente elaborar fórmulas para calcular el valor de los indicadores económicos, ambientales, sociales y el índice general de la sostenibilidad, propuestas por Sarandón y Flores (2009), y se determinó la pertinencia de asignar el peso necesario a cada indicador.

Un aporte importante que ayudó a definir los indicadores fue analizar la estructura de las fichas de encuestas para recolectar la información en campo. En los talleres indicados se distribuyó las encuestas preliminares y fueron llenadas por los participantes. Luego de 45 minutos los agricultores y expertos opinaron sobre el tiempo utilizado (40 minutos) y consideraron que debía ajustarse a no más de 25 minutos, por lo que se recortaron algunos ítems considerados poco importantes para analizar los agroecosistemas de quinua y su sostenibilidad.

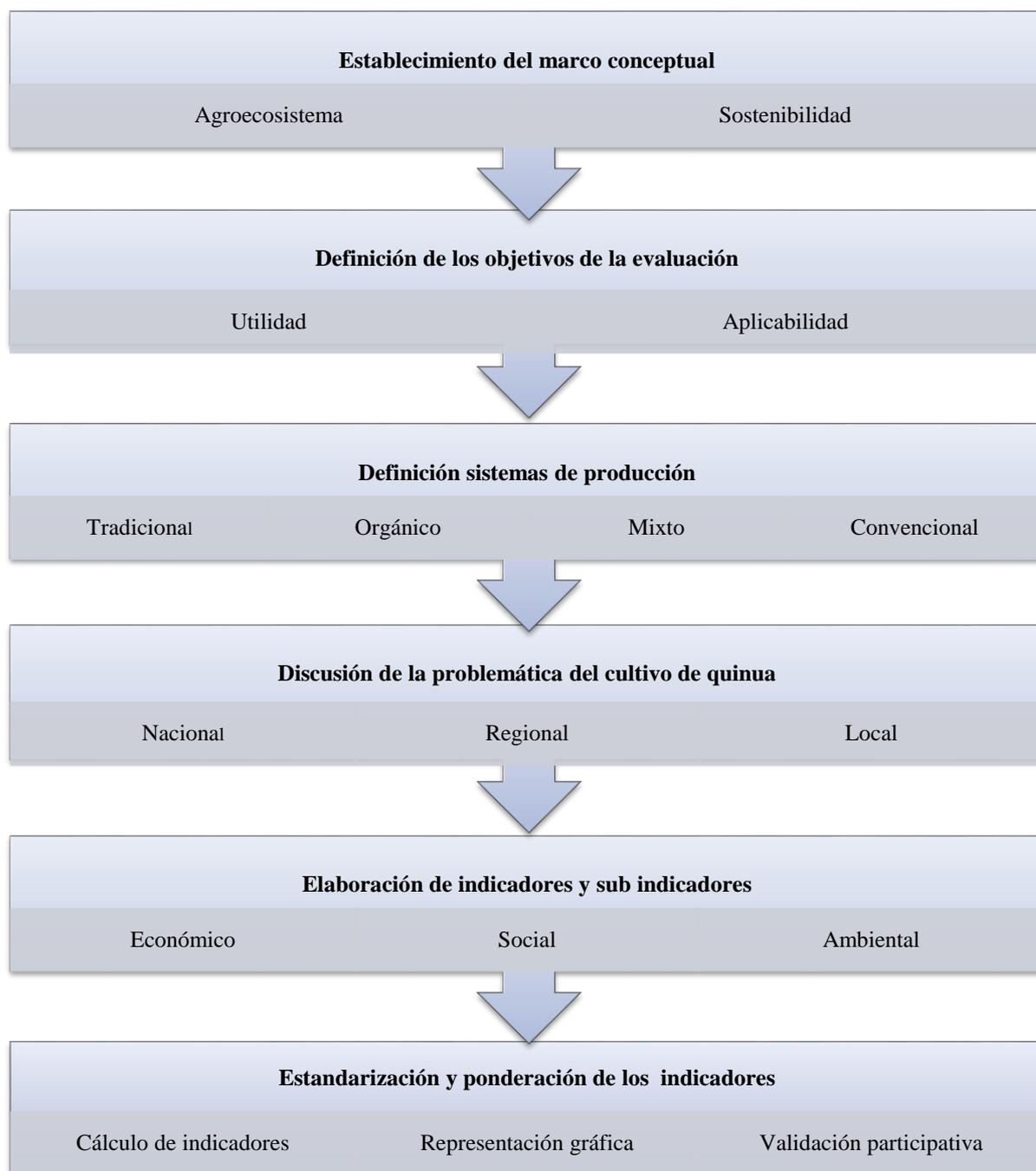


Figura 6. Secuencia metodológica para la construcción y definición de indicadores del estado de los sistemas de producción y agroecosistemas en comunidades de Chiara, Ayacucho

La validación de la pertinencia de cada indicador fue por consenso y con fines de análisis, 10 indicadores y 24 sub-indicadores se agruparon en las tres dimensiones del desarrollo sostenible de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Cada sub-indicador fue estructurado con cinco alternativas de respuesta. Los datos de las encuestas fueron estandarizadas mediante su transformación a una escala, para cada indicador, de 1 a 5; siendo

5 el mayor valor de sostenibilidad y 1 el más bajo. Finalmente, para determinar los indicadores económicos, ambientales y sociales se utilizaron fórmulas matemáticas aplicando ponderaciones de acuerdo al grado de importancia y peso que tenía cada indicador.

Fórmulas para el cálculo del valor de los indicadores

Los indicadores fueron ponderados multiplicando el valor de la escala por un coeficiente de acuerdo a la importancia relativa o peso de cada variable respecto a la sostenibilidad. El valor de los indicadores IK, IA e IS es un cociente cuyo numerador es la sumatoria ponderada de los indicadores y sub indicadores y el denominador es el número de variables tomando en cuenta su ponderación.

$$\text{Indicador Económico } IK = \frac{\frac{2(A1 + A2 + A3 + A4)}{4} + \frac{B}{1} + \frac{(C1 + C2 + C3)}{4}}{4}$$

$$\text{Indicador Ambiental } IA = \frac{\frac{2(A1 + A2 + A3 + A4)}{4} + \frac{(B1 + B2 + B3)}{3} + \frac{(C1 + C2)}{3}}{3}$$

$$\text{Indicador Social } IS = \frac{\frac{2(A1 + A2 + A3 + A4)}{4} + 2B + C + D}{5}$$

$$\text{Indice de Sostenibilidad General } ISG = \frac{IK + IA + IS}{3}$$

El valor umbral o mínimo que debe alcanzar el índice de sostenibilidad general (ISG) para considerar que la producción de quinua bajo los sistemas de producción identificados son sostenibles, debe ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 3. Ninguna de las tres áreas debe tener un valor menor a este (Tabla 10).

Tabla 10: Parámetros de valoración del Indicador de Sostenibilidad General (ISG)

Escala	Descripción de los niveles de valoración	Nivel de sostenibilidad
1	Nivel muy crítico o extremo de insostenibilidad de los sistemas de producción	Extremo
2	Nivel bajo o crítico de sostenibilidad de los sistemas de producción. El sistema de producción requiere cambios urgentes a nivel de los componentes de las tres dimensiones para alcanzar valores de sostenibilidad	Crítico
3	Umbral mínimo aceptable de sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua. Los sistemas requieren implementar medidas para mejorar su valoración, puesto que cualquier adversidad en los componentes de las tres dimensiones pueden afectar la sostenibilidad	Débil
4	Nivel medio de sostenibilidad. Si bien es una escala próxima al valor óptimo (5) requiere implementar mecanismos de mejora continua a nivel económico-tecnológico, uso y conservación de recursos, el bienestar familiar y de la comunidad	Medio
5	Umbral máximo o nivel alto de sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua. Para mantenerse en estos niveles los sistemas de producción requieren implementar mecanismos de control interno de calidad, eficiencia y eficacia en el uso de insumos, rentabilidad y altos niveles de respeto y convivencia en los agroecosistemas de las comunidades de Chiara, Ayacucho	Alto

3.3.3. Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en agroecosistemas de Chiara Ayacucho

La Etapa fue exploratoria, analítica y explicativa. En esta etapa se determinó la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua en el distrito de Chiara. La evaluación se realizó con el uso de indicadores elaborados para cada dimensión (Económico, Social y Ambiental). La sostenibilidad fue medida de forma comparativa entre los distintos sistemas de producción de quinua identificados, aplicando el enfoque cualitativo y la metodología propuesta por Flores y Sarandón (2006), que se basa en utilización de indicadores socioeconómicos y ambientales.

Para el análisis multicriterio propuesto por Sarandón (2002), se utilizaron variables e indicadores previamente validados en un taller realizado en Chiara y con fines de análisis, 10 indicadores y 24 sub-indicadores se agruparon en la dimensión económica, ambiental y social (Tabla 11). Los datos de las encuestas fueron estandarizados para cada indicador mediante su transformación a una escala de 1 a 5; siendo 5 el mayor valor de sostenibilidad y 1 el más bajo. Para determinar la situación actual de los indicadores, independientemente de las unidades originalmente obtenidas, los valores de cada indicador se expresaron en algún valor de la escala (Sarandón y Flores 2014). Luego, se establecieron ponderaciones de acuerdo al grado de importancia y peso de cada indicador (Sarandón *et al.* 2006).

El agrupamiento de indicadores en las dimensión económica se basó en el criterio de rentabilidad, fuentes de ingresos económicos y diversificación para la venta; para la indicadores de la dimensión ambiental los criterios de agrupamiento se basaron en indicadores de conservación de la vida del suelo, riesgo de erosión y manejo de la biodiversidad; mientras que para el caso de los indicadores sociales el criterio de agrupación fue en base a indicadores de satisfacción de necesidades básicas, aceptabilidad del sistema de producción, integración social y niveles de asistencia técnica y capacitación.

Tabla 11: Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho

DIMENSIÓN ECONÓMICA (IK)	DIMENSIÓN AMBIENTAL (IA)	DIMENSIÓN SOCIAL (IS)
A.- Rentabilidad	A.- Conservación de la vida de suelo	A.- Satisfacción de las necesidades básicas
A1.- Superficie cultivada	A1.- Rotación de cultivos	A1.- Vivienda.
A2.- Productividad	A2.- Diversificación de cultivos	A2.- Nivel de educación
A3.- Incidencia de Plagas	A3.- Incorporación de materia orgánica	A3.- Acceso a salud y cobertura
B.- Ingreso económico	B.- Riesgo de erosión	A4.- Servicios.
B1.- Ingreso Neto Mensual	B1.- Preparación de terreno	B.-Aceptabilidad sistema de producción
-Ingreso por cultivo principal	B2.- Sistema de producción	B1.- Nivel de satisfacción del productor
-Ingreso cultivo secundario	B3.- Pendiente predominante	B2.- Sistema de producción
-Ingreso otras actividades	B4.- Cobertura vegetal	C.- Integración social
C.- Riesgo económico	C.- Manejo de la Biodiversidad	C1.- Nivel de integración social
C1.- Diversificación para la venta	C1.- Conservación de variedades de quinua	D.- Asistencia técnica y capacitación
C2.- N° canales comercialización	C2.- Gestión de plagas	D1.- Nivel asistencia técnica y capacitación
C3.- Dependencia de insumos:	C3.- Manejo semilla de calidad	

A, B, C, D =Variables; A1, B1, C1, D1= Subindicadores

La consistencia interna de las escalas utilizadas en cada variable/indicador y el nivel de similitud de estas, se determinó con el Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM) por el método de Escalamiento Óptimo (Optimal Scaling), para describir en un espacio de pocas dimensiones la estructura de asociaciones entre un grupo de variables ordinales, así como las similitudes y diferencias entre los casos analizados (Benítez, *et al.* 2016). Para hallar la consistencia interna de los datos se consideró que el valor Alfa de Cronbach no debe ser menor a 0.7, valores menores revelan una débil relación entre las variables analizadas (González y Pazmiño 2015).

El valor de los Indicadores Económicos (IK), Indicadores Ambientales (IA) e Indicadores Sociales (IS), fueron estimados mediante la suma algebraica de sus respectivos indicadores, y multiplicados éstos por su factor de ponderación. Finalmente, se estimó el índice de Sostenibilidad General (ISG) de cada sistema de producción de quinua.

El valor umbral o mínimo que debe alcanzar el Índice de Sostenibilidad General (ISG) para considerar que la producción de quinua, bajo los sistemas de producción identificados, son sostenibles debe ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 3 para las tres áreas consideradas (Sarandón *et al.* 2006).

A cada valor hallado de ISG se realizó la estratificación de sostenibilidad: de acuerdo a un gradiente ascendente para los procesos menos sostenibles (menor a 3) y más sostenibles (mayor o igual a 3), como se detalla a continuación: muy crítica (0 a 1.99), crítica (2 a 2.99) débil (3 a 3.9), media (4 a 4.99), alta (mayor a 5)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el distrito de Chiara, Ayacucho

El escenario donde se realiza el estudio de los sistemas de producción de quinua, se caracteriza por la re-introducción del cultivo y su siembra en mayores superficies con tecnologías introducidas; que originaron cambios en términos económicos, sociales, ambientales; en un sistema tradicional en proceso de extinción antes de la década del 2000. Considerando lo anteriormente señalado se realiza la caracterización considerando las siguientes dimensiones:

Análisis de la dimensión social

La responsabilidad del manejo de las parcelas en mayor proporción recae en hombres; sin embargo se observó que el 39 % de las parcelas son manejadas por mujeres (Figura 7). El 82 % de los agricultores se encuentran entre los 20 y 49 años de edad, aspecto relevante para las labores de gestión agrícola y la facilidad de la aceptación de mejores tecnologías de cultivo solo el 1 % de los productores tienen 70 años o más (Figura 8).

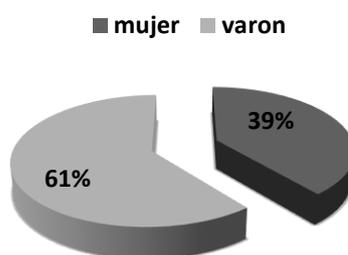


Figura 7: Proporción de Género responsables del manejo de las parcelas de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

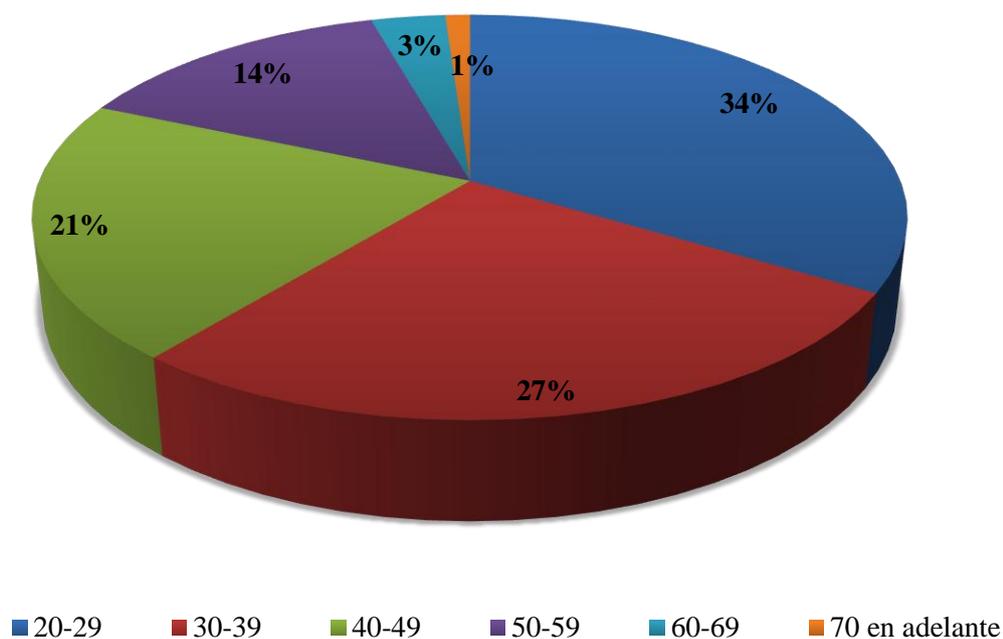


Figura 8: Productores de quinua agrupados por rangos de edad, Chiara, Ayacucho. Año 2016

El 7.6 % de los encuestados no tienen ningún nivel de educación y el 92.4 % tienen algún nivel de educación siendo relevante el alto porcentaje de productores con instrucción secundaria (47.8 %) y 16.3 % con nivel universitario. Al realizar el análisis cruzado, de las variables: lugar de residencia y el nivel educativo, se identificaron a 28 agricultores con instrucción secundaria que viven en los centros poblados, mientras que solo uno y sin ningún nivel de educación reside en su chacra (Figura 9). El INEI (2013), afirma que a nivel del distrito de Chiara, el 43.3 % de la población es joven entre 20 y 40 años; solo el 5.93 % de la población son adultos mayores con 70 a más años. Estos indicadores (edad, nivel de educación) son importantes en la decisión de adopción de nuevos sistemas de producción (orgánico y producción limpia). Al respecto, el CIMMYT (1993), menciona que agricultores más jóvenes y con mayor nivel de educación que la generación de más edad, quizá adopten una tecnología nueva o sistemas de producción con mayor rapidez.

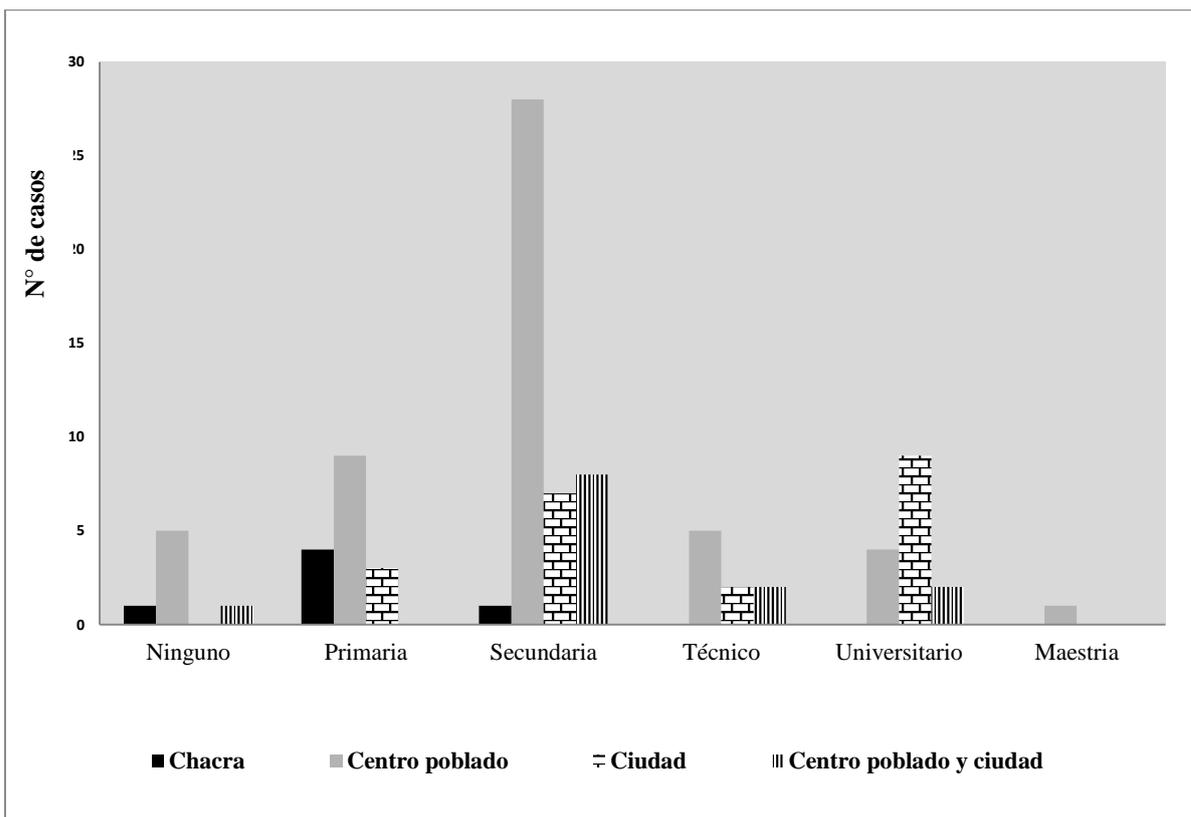


Figura 9: Nivel de estudios y lugar de residencia de los productores de quinua de las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

Sobre servicios básicos, el 56.52 % cuentan con todos los servicios, el 19.57 % con agua, luz y teléfono, el 5.43 % disponen de agua, luz y desagüe potable; mientras que el 11.96 % carece de servicios de agua y desagüe y el 6.52 % solo cuentan con servicios de agua y luz. La Figura 10, muestra que el mayor porcentaje de oferentes de servicios de capacitación fueron los Organismos No Gubernamentales (ONG) y las firmas comerciales de agroquímicos (47 %). Por otro lado el 2 % recibe capacitación de todas las instituciones y en conjunto 33 % de los productores reciben capacitación de acuerdo a sus necesidades y fines de más de dos instituciones a la vez. Existe un 26 % de productores que no reciben capacitación.

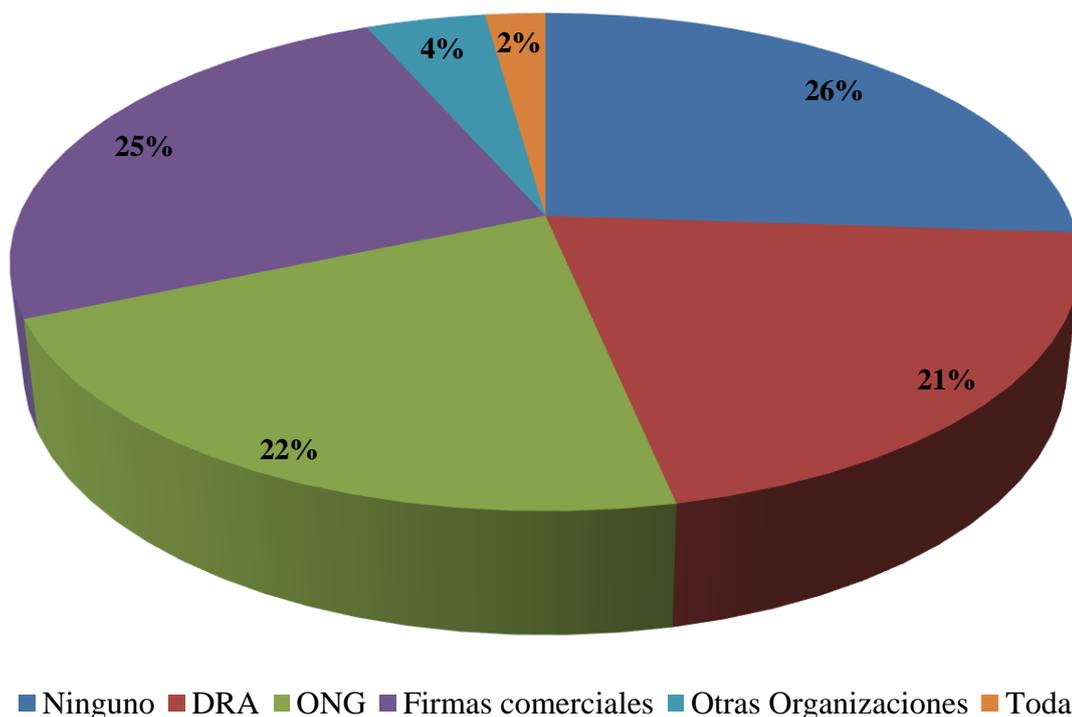


Figura 10: Participación de productores (%) de las comunidades de Chiara, Ayacucho por tipo de oferentes de servicios de capacitación. Año 2016

Análisis de la dimensión económica

Tipificación con análisis *clúster*

Producto del análisis *clúster* se obtuvo tres grupos bien diferenciados, el dendograma que sirvió para la elección de los conglomerados se observa en la Figura 11, se puede apreciar que se realizó el corte en la distancia 209.31, la cual se consideró la adecuada para finalizar con el proceso iterativo de agrupación, debido a que los grupos que se llegarían unir en la siguiente etapa eran muy diferentes. Esta técnica matemática ha permitido el estudio y análisis simultáneo de las relaciones entre las variables priorizadas; se logró reducir el número de unidades a analizar, simplificándose su interpretación y facilitando la explicación y comparación de los grupos en un período de tiempo determinado (INEI 2002)

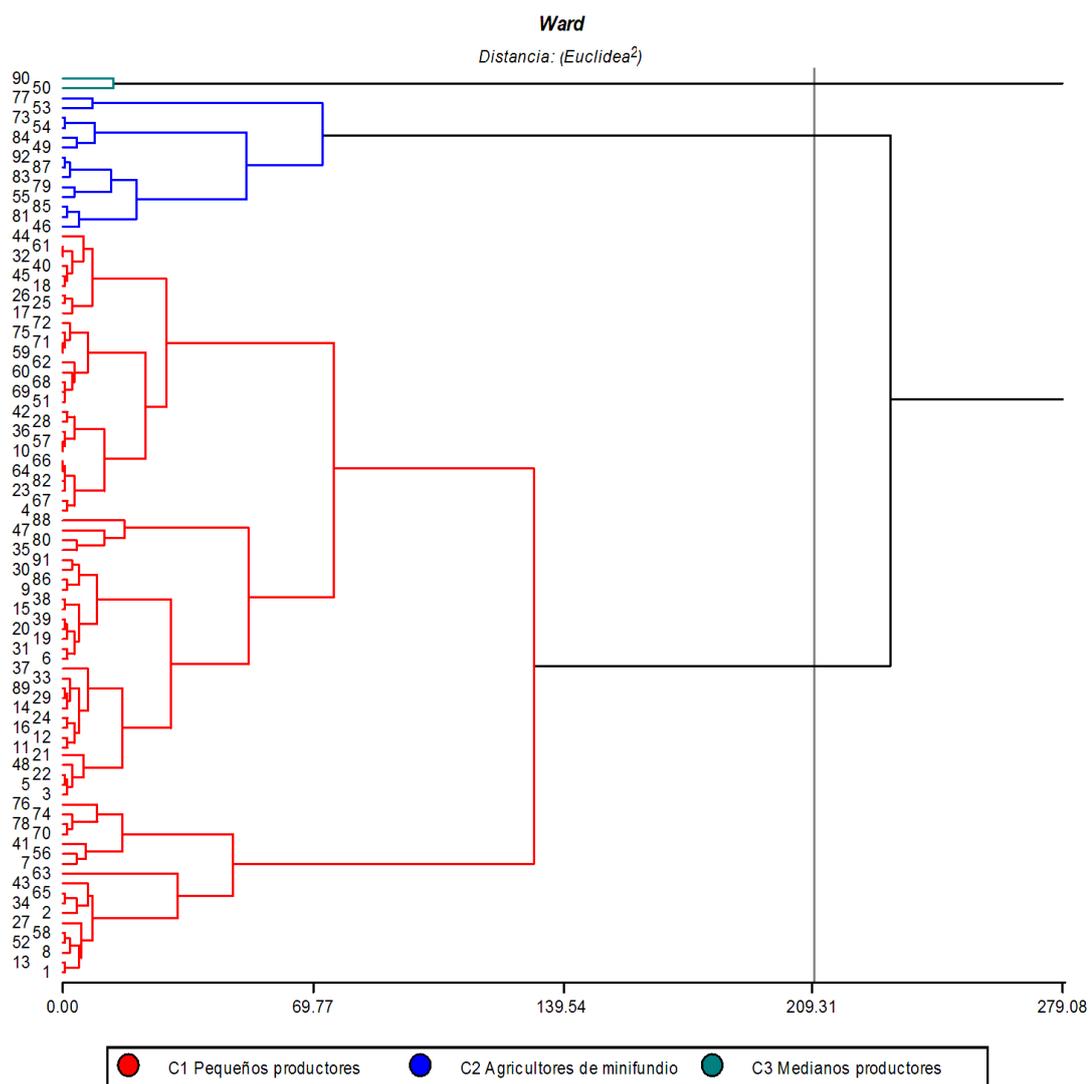


Figura 11: Agrupamiento clúster de minifundistas, pequeños y medianos productores de sistemas de producción de quinua en Chiara. Año 2016

De acuerdo a los valores obtenidos por cada grupo, se les ha denominado como pequeño, mediano y grande, así en la Tabla 12 se muestran la media de los tres grupos; las variables en las que se encuentran mayor diferencia son la posesión de tierras, extensión dedicada al cultivo de la quinua, el ingreso neto y la utilidad neta. Se observa que el 82.61 % corresponde a los medianos productores 15.22 % productores de minifundio y solo el 2,20 % medianos productores.

Tabla 12. Resumen de medias de variables cuantitativas en sistemas de producción de quinua en Chiara Ayacucho

Tipo de productor	Posesión ha	Experiencia Años	Área siembra ha	Rendimiento kg.ha ⁻¹	Costo de producción	Ingreso neto S/.	Utilidad Neta S/.	Precio venta S/(kg)
Minifundistas	1.43	12	1.21	1382.14	3614.29	1579.71	15307.86	4.09
Pequeños	4.5	10	3.05	2235.53	5284.21	1390.07	14293.03	4.76
Medianos	15	6	23	2500	5900	3912.5	45300	4

El primer *clúster* está conformado por productores que en promedio siembran 23 ha, con un rendimiento promedio de 2500 kg.ha⁻¹ y una utilidad neta de 45 300 soles por campaña; mientras que el *clúster* 2 formado por pequeños productores cuya media de tenencia de tierra es 4.5 ha, superficie de siembra de quinua 3.02 y un rendimiento de 2232.32 kg.ha⁻¹ lo cual les genera una utilidad neta de 1493.03 por ha y finalmente el *clúster* tres está formado por agricultores minifundistas cuya superficie de tenencia de tierras 1.43 ha y área sembrada promedio de 1.21; este grupo alcanza niveles aceptables de rentabilidad por el menor costo de producción comparado con los pequeños y medianos productores. Cabe destacar que los productores minifundistas tienen el mayor número de años de experiencia en el cultivo de quinua y entre los sistemas de producción prevalente están el tradicional, orgánico y mixto. Relacionado a tipificación de productores de quinua Coras (2015) en el valle del Mantaro (Junín) identificó tres clúster de productores: pequeños con superficie cultivada de 1.4, rendimiento de 1492.5 y un costo de producción de S/. 4736.6 por ha; medianos que manejan 2.3 ha de cultivo de quinua, con rendimientos de 2456.9 kg.ha⁻¹ y S/ 6331 de costo de producción y finalmente grandes productores con un promedio de 5.2 ha, productividad media de 2654.5 y S/. 5909 de costo de producción por hectárea de respectivamente.

Tipificación con la variable superficie cultivada

Empleando solo la variable superficie cultivada como elemento de tipificación se ha establecido que los pequeños productores son el 65.2 %, el 29.3% minifundistas y un 5.4% medianos productores. No hay existencia de grandes productores, es decir agricultores con más de 50 ha (Figura 12). Se ha observado el predominio del minifundio y pequeños productores (94.5 %). Según el INEI (2013), en el distrito de Chiara, el 68.01 % poseen tierras entre 0.5 y 4.0 ha y son considerados minifundistas, el 17.33 % manejan tierras entre 5 y 9.9 ha como pequeños productores y los medianos entre 10 y 20 has y solo el 0.88 % son

grandes productores con más de 50 ha. Barreto *et al.* (2015) en un estudio de caracterización de la zona altoandina de Ancash refiere la predominancia del minifundio (27 %) cuyas unidades productivas tienen de 1 a 2 ha.

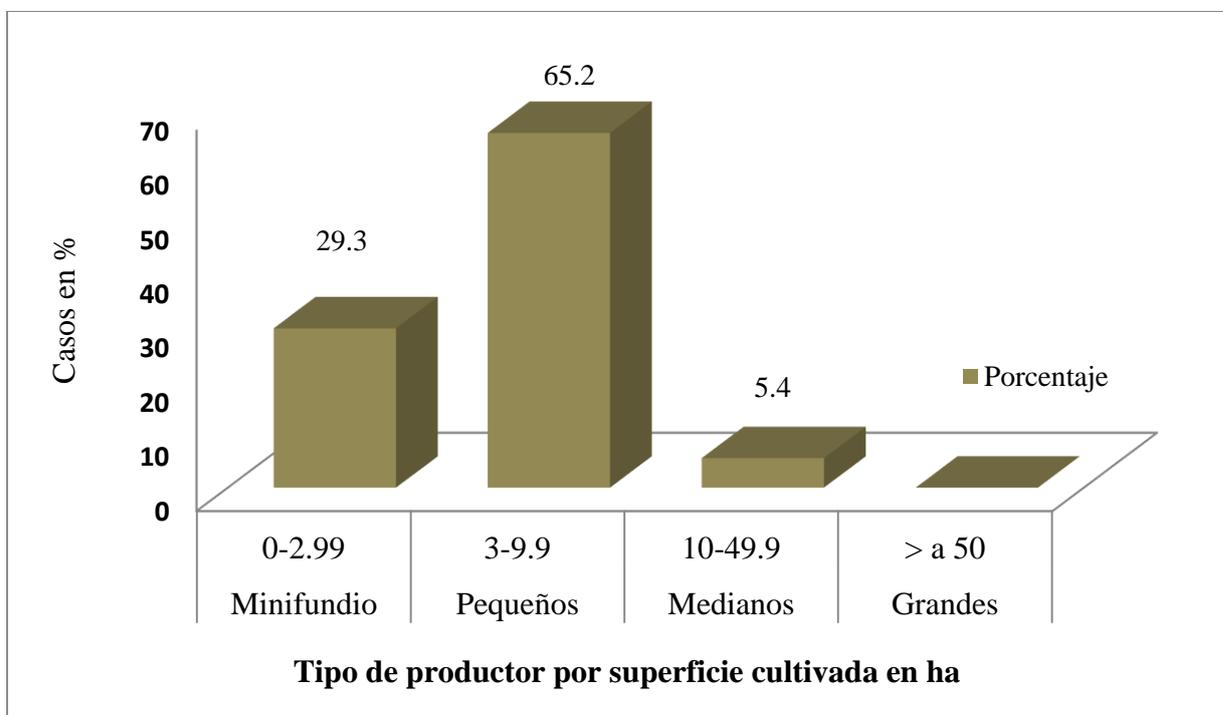


Figura 12: Tipificación de productores de quinua de las comunidades de Chiara, Ayacucho, según tamaño del predio. Año 2016

En la Figura 13, el 25 % usa mano de obra familiar, el 18.5 % apoyo vecinal y el 56.2 % contratan peones. Hace 10 años Ayacucho era considerado como una tipología de producción tradicional con agricultura de subsistencia; por lo tanto las labores agrícolas era de gestión familiar (BCRP 2015). Según la FAO (2014c) se considera que un sistema de explotación corresponde a sistemas de agricultura familiar siempre y cuando la mayor contribución de mano de obra provenga de la propia familia; por lo tanto de acuerdo a los resultados obtenidos solo el 25 % de la población en estudio correspondería a este sistema de producción familiar.

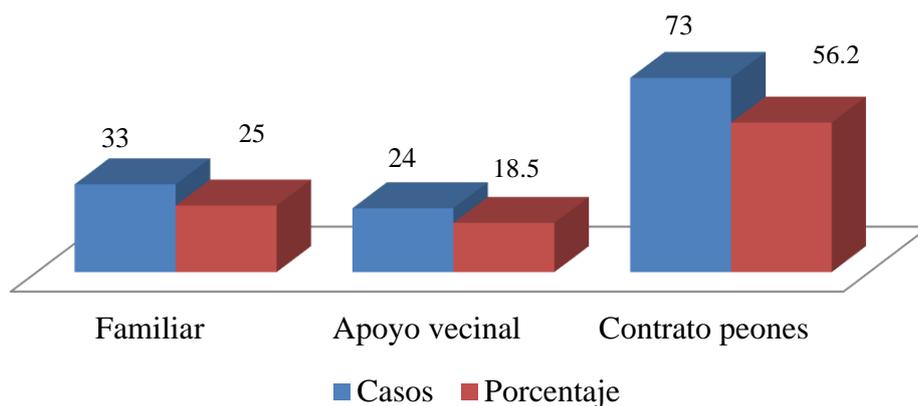


Figura 13. Fuente de mano de obra en la producción de quinua (%) en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

Los principales cultivos en las tres comunidades evaluadas son nueve: papa, quinua, avena forrajera y de grano, cebada grano, maíz amiláceo, trigo, arveja verde, oca y olluco. A nivel distrital, los cultivos predominantes son la papa con 2800 ha y la quinua con 1540 ha bajo el régimen de lluvias temporales (Figura 14).

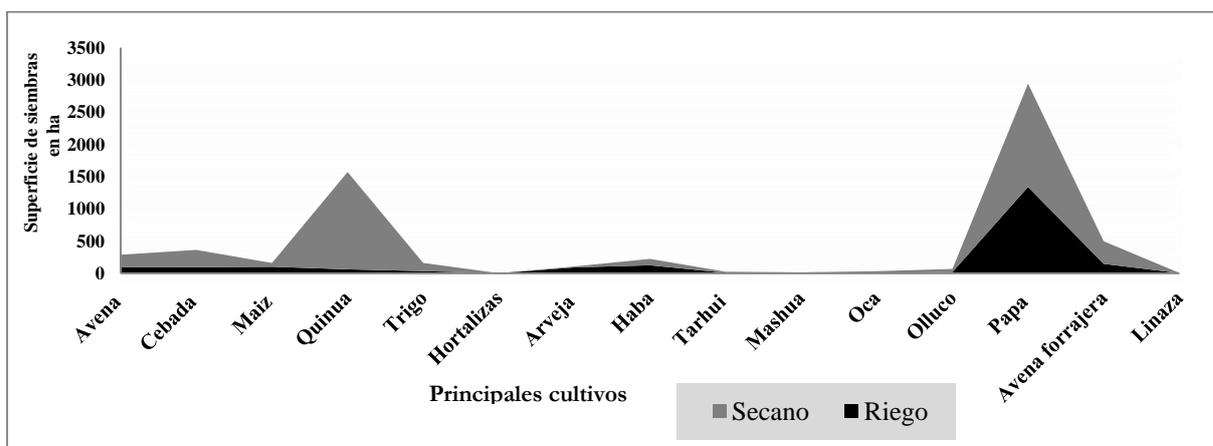


Figura 14: Superficie de siembra (ha) de los principales cultivos en el distrito de Chiara, Ayacucho. Año 2016

A pesar de la tendencia creciente de la superficie cultivada de quinua, el cultivo de papa sigue siendo el más importante y determinante en el programa de rotación de cultivos en Chiara. Esta lógica de producción también ocurre en la zona del altiplano, según Soto *et al.* (2012), indican que la papa es el cultivo de cabecera o el principal, los otros cultivos entran en la rotación de acuerdo a la prioridad económica y alimenticia como; la quinua, maíz, cebada, otras raíces y tubérculos y forrajes.

Análisis de la dimensión ambiental

La pendiente predominante de los suelos varía de 5 a 30 %, lo que facilita el uso de maquinaria agrícola. Al respecto un estudio de la GOREA (2012) indica que los suelos cultivables del distrito de Chiara tienen una topografía plana, ligeramente ondulada, con pendientes no pronunciadas, lo que facilita el uso de maquinaria agrícola. Los resultados del IV CENAGRO mencionan que el distrito de Chiara 135 tractores realizan labores agrícolas (INEI 2013).

Los planes de rotación de cultivos por campaña agrícola se adecuan a los sistemas de producción predominantes. De acuerdo a la Figura 15, los productores de sistemas convencionales no realizan rotación, Los productores tradicionales cambian de cultivo cada uno o dos años. Por las reglas impuestas por el mercado, 36 productores de sistemas orgánicos y mixtos realizan rotación cada año.

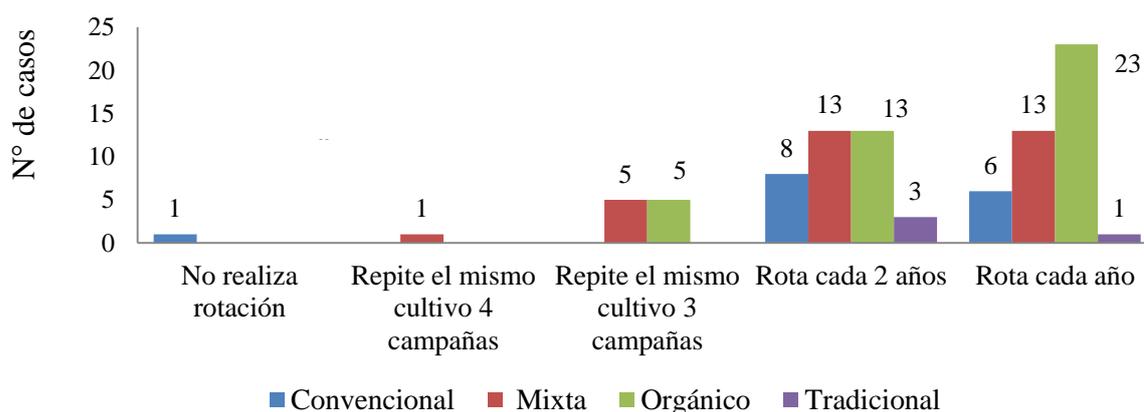


Figura 15: Tipos de Rotación de cultivos por sistemas de producción, en Chiara, Ayacucho. Año 2016

Se identificaron cuatro sistemas de producción de quinua, siendo los de mayor frecuencia la producción orgánica y producción limpia mixta, seguido del sistema convencional y el sistema tradicional que ocupa el último lugar (Figura 16). En las tres comunidades, se identificaron cuatro sistemas de producción: a) orgánica, 42 productores (45.70 %), que utilizan insumos orgánicos internos y externos, servicios de mano de obra y maquinaria y prácticas de monocultivo; b) producción limpia mixta con 32 productores (34.80 %), con uso de insumos internos y externos orgánicos y sintéticos de baja toxicidad, servicios de mano de obra y maquinaria y monocultivo; c)convencional, con 14 productores (15.20 %),

con alta dependencia de insumos sintéticos externos, servicios de mano de obra y maquinaria y monocultivo; d) tradicional, con cuatro productores (4.30 %) caracterizada por la baja dependencia de insumos externos, empleo de mano de obra familiar y mayor diversificación de la producción. Según, Altieri y Nichols (2000), Kolmans y Vasques (1999) y el IICA (2015), los productores convencionales muestran alta dependencia de insumos externos, servicios de mano de obra y maquinaria y uso de semillas de alto rendimiento; en cambio, los productores tradicionales son pequeños productores con alta diversidad genética. Con respecto a producción orgánica, el SENASA (2014), indica que este sistema emplea insumos locales o naturales, supervisados por un organismo de certificación, con acreditación y el reconocimiento del mercado de destino. Referido a los sistemas de producción limpia mixta, Bolívar (2011), señala que incluye prácticas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), rotación de cultivos, prácticas de conservación de suelos y uso racional de los recursos naturales.

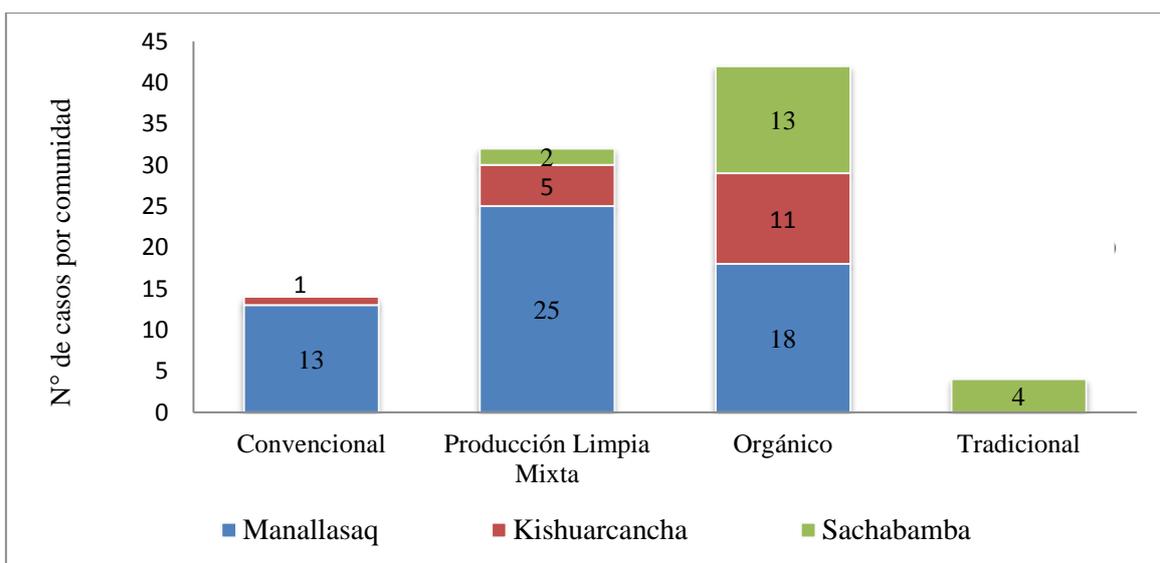


Figura 16: N° de productores de quinua por comunidad y sistemas de producción en Chiara, Ayacucho. Año 2016

Solo el 5.4 % de los productores usan semilla certificada y están asociadas a sistemas de producción orgánico y convencional, mientras que productores de sistemas tradicionales usan semilla propia seleccionada (Figura 17). Los productores de sistemas de producción orgánica, mixto y convencional utilizan semillas de calidad basada en variedades comerciales, no necesariamente certificadas; en cambio, los productores tradicionales su propia semilla. Según el IICA (2015), los productores tradicionales usan su propia semilla, factor que probamente incide en la baja productividad de la quinua. Por su parte la FAO (2014c) menciona que los sistemas de agricultura familiar campesina que manejan

superficies tipificadas como pequeña agricultura usan su propia semillas; mientras que productores de sistemas familiares integrados a los mercados utilizan semilla de mejor calidad y que pueden inclusive semilla certificada.

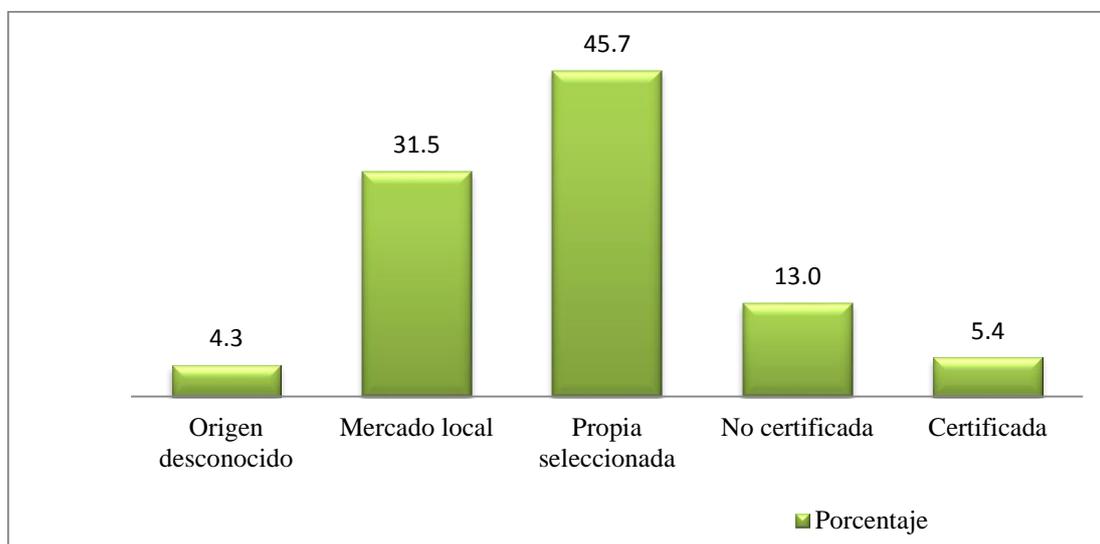


Figura 17: Procedencia de semilla de quinua empleada en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

Con respecto a incidencia de plagas, larvas del complejo *Eurysacca sp*, el mildiu (*Peronospora variabilis*), las palomas y los cernícalos han sido reportados como los más perjudiciales. Además de cinco especies de malezas identificadas, *Amaranthus dubius* y *Bidens pilosa* son consideradas como las que causan mayor daño económico en la producción de quinua (Tabla 13).

Las tres principales plagas reportadas en la zona de estudios son: el daño causado por larvas del complejo *Eurysacca sp* (*Kcona- Kcona*); el mildiu (*Peronospora variabilis*) y el daño de aves en la etapa de pre y pos cosecha, causado por la paloma rabí-blanca (*Zenaida auriculata*).

Al respecto, del complejo *Eurysacca sp*, Campos *et al.* (2012) indican que esta es una plaga clave, debido a su alta incidencia ocasionando grandes daños económicos al productor. Referido al caso de aves plaga, Gómez y Aguilar (2016), señalan que las pérdidas causada por aves puede alcanzar hasta 40 % de las cosechas.

Tabla 13: Principales plagas de la quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

Plagas	Nombre común	Nombre científico
Insectos	Kcona Kcona	<i>Eurysacca quinoae Povolny</i>
Enfermedades	Mildiu	<i>Peronospora variabilis</i>
Malezas	Yuyo	<i>Amaranthus dubius</i>
	Sillkao	<i>Bidens pilosa</i>
	Nabo	<i>Brassica campestris</i>
	Avena silvestre	<i>Avena fatua</i>
	Cebadilla	<i>Brumus catharticus</i>
Aves	Paloma rabiblanca	<i>Zenaida auriculata</i>
	Jilguero negro	<i>Sporaga stratus</i>

El 95.7 % de los productores realizan uno o varios métodos de control de plagas, mientras que los productores de sistemas de producción tradicional no realizan ninguna (Figura 18).

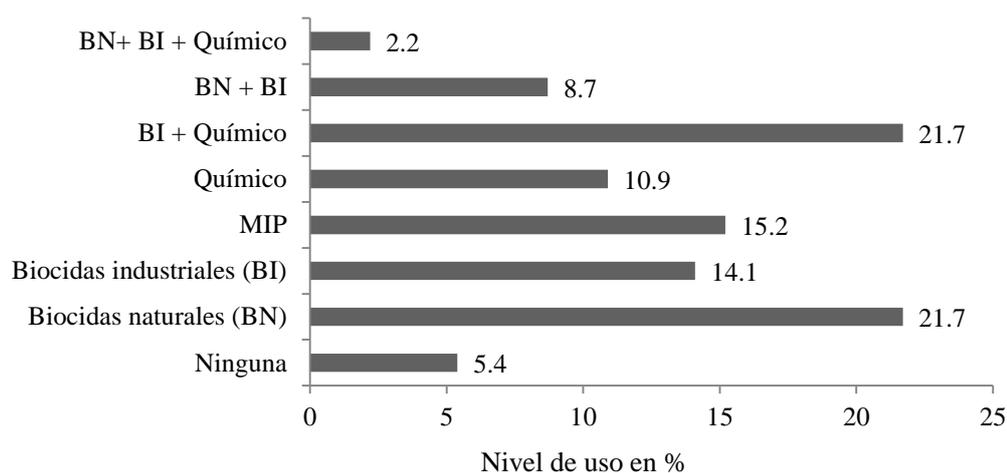


Figura 18: Uso de insumos y métodos de control de plagas (%). MIP = Manejo Integrado de Plagas de las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

Con relación a los factores locales de contaminación de los agroecosistemas, los encuestados señalan a los plásticos, plaguicidas y fertilizantes como los más contaminantes (mayor a 80 %). En menor proporción la tala de bosques y quemas de pastos, seguido de la construcción de carreteras, flujo vehicular y construcción de viviendas (Figura 19). Según el INEI (2013), el 71 % de los agricultores aplican fertilizantes en los principales cultivos y no se encontraron estudios sobre el destino de desechos de plaguicidas en la zona de estudio.

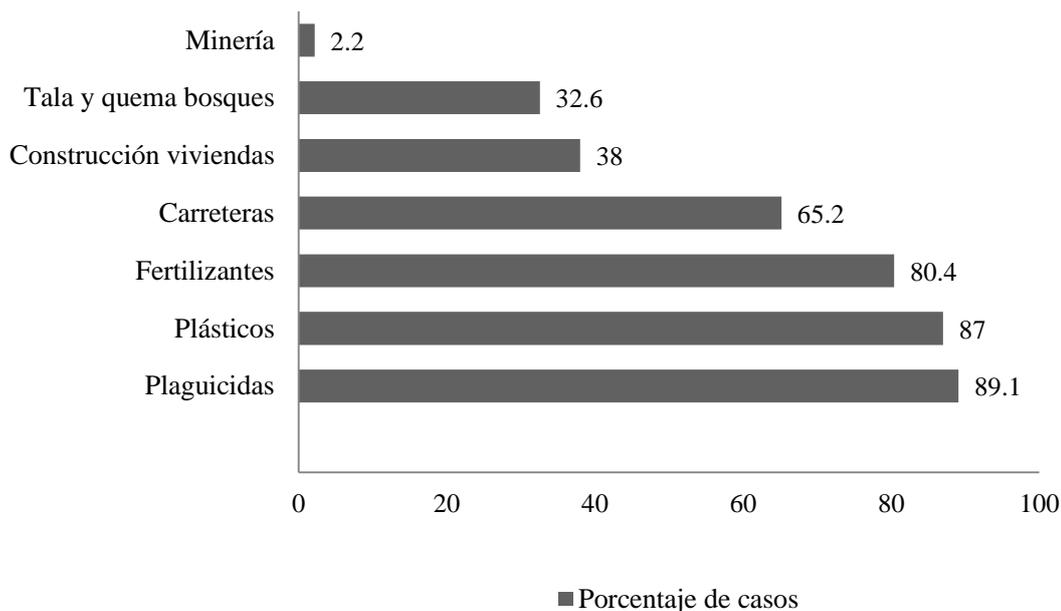


Figura 19: Fuentes principales de contaminación en agroecosistemas de Chiara, Ayacucho. Año 2016

Por otra parte, se reporta a las sequías (84.6%), heladas (78 %), granizadas 65.9 %, calor intenso (62.6 %) como los principales eventos climáticos adversos de la zona.

Los altos precios de la quinua y la demanda del mercado, generó el incremento de la superficie cultivada en las tres comunidades analizadas. El área sembrada por productor fluctúa de 0.5 ha hasta 27 ha, con un promedio de 3.21 ha. El rendimiento varía de 1 a 3 t.ha⁻¹ y con un promedio 2.18 t.ha⁻¹ (Figura 20).

A nivel de la región Ayacucho, la superficie cultivada de quinua se incrementó de 244 a 2536 hectáreas en los últimos 10 años (939 %) (DRAA 2014). En el distrito de Chiara la superficie sembrada con quinua se incrementó hasta 1540 ha (INEI 2013). Sin embargo, este proceso, positivo para la economía familiar, del país y la región, puede ocasionar impactos negativos en el medio ambiente y generar cambios en el patrón de cultivos y alimentación del productor (Soto *et al.* 2012, Medrano y Torrico 2015).

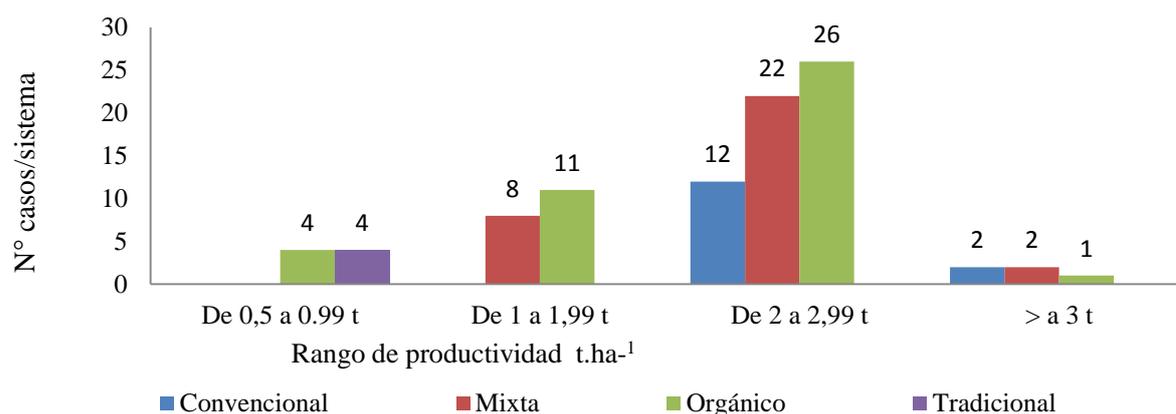


Figura 20: Productividad de la quinua por sistemas de producción en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

El costo de producción promedio es de S/. 5081 ha⁻¹. El precio de venta de la quinua en promedio es de S/. 4.65 kg⁻¹ fluctuando de 2.50 hasta 5.70. Los sistemas de mayor productividad son los orgánicos, producción limpia mixta y convencional que en algunos casos superan las 3 t ha⁻¹; mientras que en sistemas tradicionales, la productividad no alcanza a una tonelada. Los productores de sistemas tradicionales son los de menor ingreso mensual (no mayor a S/. 1000.00); mientras que los productores de sistemas orgánicos, producción limpia y convencional fluctúan de 999 hasta S/. 4999 (Figura 21).

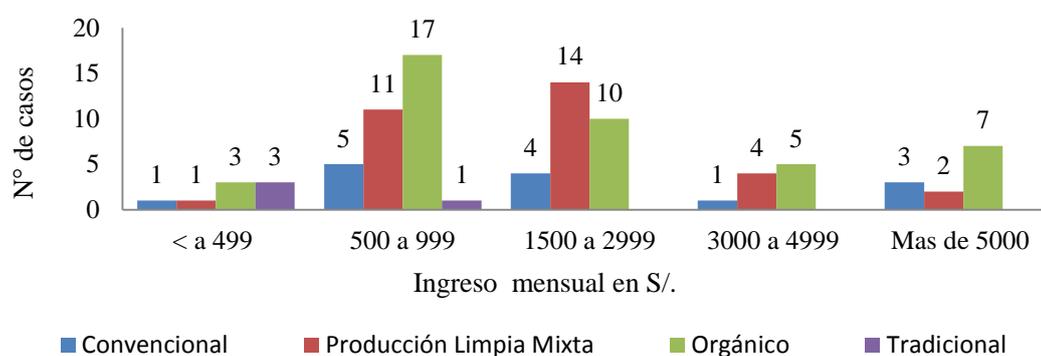


Figura 21: Nivel de ingreso mensual (S/.) por sistema de producción en las comunidades de Chiara, Ayacucho. Año 2016

La agricultura comercial busca la mayor rentabilidad, la agricultura tradicional promueve una producción diversificada en activa interrelación con todos los componentes del agroecosistema; en consecuencia, el sistema de producción tradicional resultó con menor productividad frente a los sistemas orgánico, mixto y convencional. Al respecto, Barreto *et al.* (2015) menciona que la productividad de los cultivos, en sistemas tradicionales, está

limitada por las características del medio y los rendimientos rara vez están por encima de los promedios nacionales, aún en las mejores condiciones. En ese contexto, los ingresos mensuales de los productores de sistemas tradicionales, en Chiara, se encuentran entre 499 hasta 999 soles al mes. En la cuenca media y baja del río Supe, Barranca, el ingreso mensual promedio es S/. 753.06 (Ayora 2015).

Definición de las variables e indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en Chiara, Ayacucho

En las últimas décadas, tanto los indicadores de medio ambiente como los indicadores de sostenibilidad han experimentado un gran auge y difusión a nivel global. Existen indicadores ambientales, sociales y en cultivos se desarrollaron muchos para el café, cacao y actividades silvopastoriles; sin embargo, en el Perú y en particular en la zona de estudio, no hay evidencia de trabajos de investigación en cultivos transitorios como la quinua y otros granos andinos que sirvan de guía para identificar y jerarquizar los indicadores más relevantes en la producción de quinua; sobre todo, en un contexto de incremento de superficie y cultivo con alto uso de insumos, muy significativo, sucedido en los últimos años. Por lo complejo que resulta analizar la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua y por los múltiples factores económicos, sociales, ambientales e institucionales que intervienen. Es necesario volcar estos aspectos en valores o indicadores prácticos, fáciles de medir, de bajo costo y replicables para otros cultivos.

En la construcción del marco conceptual, para definir los indicadores y sub-indicadores y su posterior interpretación que se haga de ellas, se ha definido por consenso que la propuesta se adhiere al concepto de sostenibilidad fuerte, es decir, que considera al capital natural (recurso suelo, agua, agrobiodiversidad) de los agroecosistemas, como proveedor de algunas funciones no pueden ser sustituidas por capital hecho por el hombre. Al respecto Constanza y Dayli (1992), señala que es necesario preservar el stock del capital natural en términos físicos así como la calidad ambiental del mismo.

Definición y consolidación del sistema jerárquico para la evaluación estratégica

En base a la conceptualización de desarrollo en equilibrio y acorde con las condiciones socioeconómicas y ecológicas del ámbito de estudio, se procedió a la integración del sistema jerárquico con principios, criterios, indicadores y sub indicadores de sostenibilidad,

integrada a aspectos económicos, ambientales y sociales, como se muestra en la Figura 22. En base al mapa conceptual elaborado, se desarrolló un sistema jerárquico, conformado por principios (FAO 2014b), criterios, indicadores, y verificadores de sostenibilidad acordes a las condiciones donde se realizó el estudio. La misma propuesta fue desarrollada por Luján (2001).

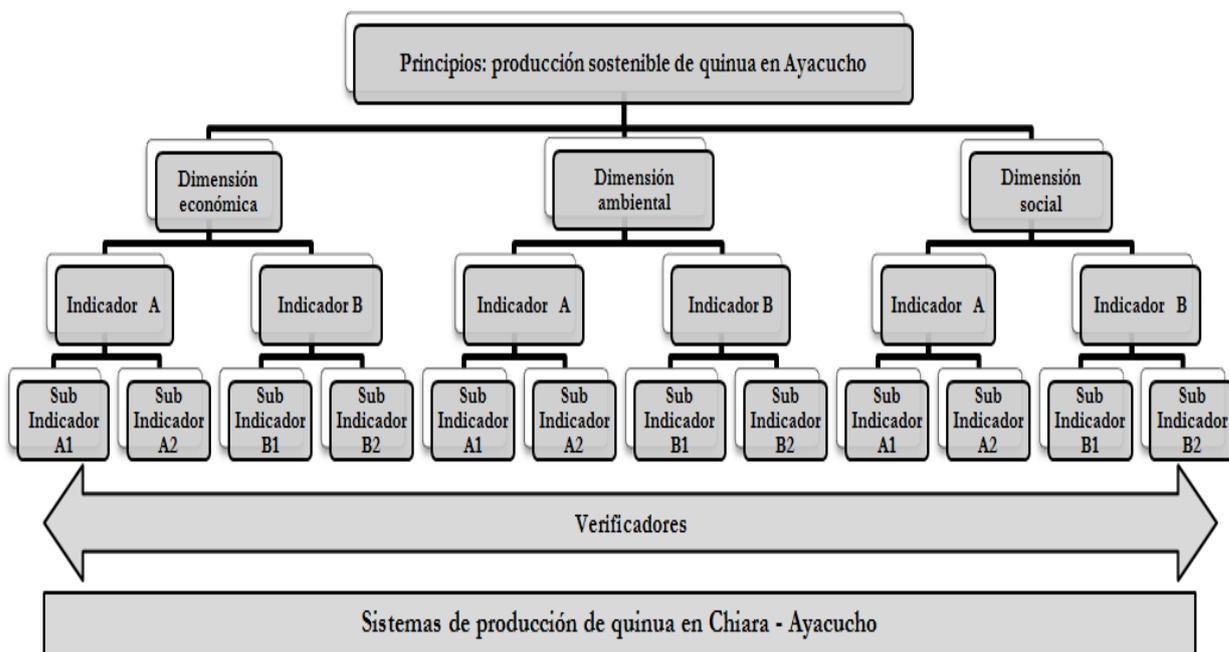


Figura 22. Mapa conceptual para la jerarquización de indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho, año 2016

Se elaboró una matriz considerando la propuesta de construcción de indicadores con enfoque de sistema jerárquico y la relación de las funciones o dimensiones de los agroecosistemas con los principios, criterios e indicadores más relevantes en términos económicos, ambientales y sociales (Tabla 14).

Tabla 14: Funciones, principios y criterios de sostenibilidad de la producción de quinua

Objetivo	Dimensión	Principios	Criterios	Indicadores de sostenibilidad
Sistemas de producción de quinua sostenibles, integrando aspectos de las tres dimensiones de la sostenibilidad	Económica (K)	Desarrollo económico eficiente y equitativo dentro y entre generaciones de la comunidad	Garantía de la renta de los productores	A.- Rentabilidad
			Garantía del acceso a bienes y servicios	B.- Ingreso económico
			Minimización del impacto de riesgos	C.- Riesgo económico
	Ambiental (A)	Protección de la estructura, funciones y diversidad de los sistemas de producción, y agroecosistemas	Mantenimiento de la fertilidad y salud del suelo	A.- Conservación de la vida del suelo
			Minimización de pérdida de suelos	B.- Riesgo de erosión
			Mantenimiento de la agrobiodiversidad	C.- Manejo de la biodiversidad
	Social (S)	Compromiso y responsabilidad para el desarrollo sostenible en la comunidad	Optimización de las condiciones de trabajo	A.- Satisfacción de las necesidades básicas
			Minimización de riesgo de abandono de los sistemas de producción tradicional (ecológico)	B.- Aceptabilidad del sistema de producción
			Fijación de los agricultores en el medio rural (organización -capacitación)	C.- Integración social
		Continuidad intergeneracional en la actividad	D.- Asistencia técnica y capacitación	

Un principio es considerado como un propósito alcanzable en el proceso económico, ambiental y social para el desarrollo sostenible. De acuerdo a la definición de Prabhu *et al.* (1999) un principio, constituye una verdad o ley fundamental como base del razonamiento o acción. Para el presente caso, provee el marco primario para manejar los sistemas de producción de quinua de una manera sostenible. Entonces a partir de esto, se sustenta la justificación para generar los criterios, indicadores y subindicadores con sus respectivos verificadores.

Asociados a las tres dimensiones del desarrollo sostenible y a los objetivos de la investigación se determinó tres principios:

Principio Económico: La calidad de vida del productor de quinua está sustentada en el desarrollo armónico hombre-recursos naturales-ambiente. El desarrollo sostenible es real solamente si hace que la vida de la comunidad sea mejor en todos los sentidos (Luján 2001).

Principio Ambiental: La conservación y protección de la biodiversidad y el medio ambiente favorecen el desarrollo sostenible en la producción de quinua. La interacción continua que se presenta entre el humano, los recursos naturales y ambientales debe de minimizar el deterioro del sistema ecológico. La sostenibilidad requiere una acción directa para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales (FAO 2014b)

Principio Social: El respeto y cuidado para la vida de la comunidad favorece la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua. La agricultura que no protege y mejora los medios de vida rurales, la equidad y el bienestar social es insostenible (FAO 2014b)

Los principios básicos de que integraron el sistema jerárquico en el presente modelo de evaluación de la sostenibilidad de la producción de quinua fueron los siguientes:

Principio 1: La calidad de vida del productor de quinua está sustentada en el desarrollo armónico hombre-recursos naturales-ambiente.

El objetivo principal del desarrollo es mejorar la calidad de vida humana. El crecimiento económico es un componente importante de desarrollo, pero no puede ser una meta en sí mismo. El desarrollo sostenible es real solamente si la vida de la comunidad es adecuada y llevadera (Luján 2001).

Principio 2: La conservación y protección de la biodiversidad y el medio ambiente favorecen el desarrollo sostenible en la producción de quinua.

El desarrollo basado en la conservación necesita incluir una acción deliberada para proteger la estructura, funciones y diversidad de los sistemas de producción, así como la protección ambiental. Los límites varían de un agroecosistema a otro (comunidad). Las políticas que consideran la cantidad de gente y estilos de vida en balance con la capacidad del sistema ecológico deben de ser desarrolladas con el objeto de lograr bienes y servicios de calidad y de manera sostenible. Además, la interacción permanente entre el hombre, los recursos naturales y ambientales debe de minimizar el deterioro del sistema ecológico. La sostenibilidad requiere una acción directa para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales (FAO 2014b)

Principio 3: La autogestión, la cultura y convivencia comunitaria es fundamental para el desarrollo sostenible

Las comunidades adecuadamente, motivadas, comprometidas, responsabilizadas e informadas pueden y deben contribuir en la toma de decisiones y jugar un rol estratégico en crear una comunidad sostenible. La población organizada con valores, ética y respeto mutuo tiene mejores perspectivas para hallar el camino del desarrollo sostenible. Por lo tanto, el desarrollo no puede depender grupos externos que no tienen relación, el compromiso y responsabilidad para su desarrollo es la comunidad en sí. La agricultura que no protege y mejora los medios de vida rurales, la equidad y el bienestar social es insostenible (FAO 2014b)

Es importante señalar que para cada principio se identificaron una serie de criterios, indicadores y subindicadores, los cuales permiten realizar mediciones en forma confiable para y valorar apropiadamente el nivel de sostenibilidad de los sistemas de producción analizados.

Se identificaron 10 indicadores y 24 subindicadores, considerados como los más útiles, prácticos, sencillos de medir, de bajo costo y de fácil aplicación; que fueron agrupadas en una matriz para facilitar su análisis (Tabla 15). De acuerdo a Flores y Sarandón (2004), el desarrollo y uso de indicadores, resulta ser una herramienta adecuada y flexible para evaluar tendencias, establecer diferencias entre fincas y detectar los puntos críticos de manejo de recursos para el logro de una agricultura sostenible. En ese sentido, un indicador es importante porque cuantifica y simplifica un fenómeno, facilita el entendimiento de realidades complejas e informa sobre los cambios en un sistema de producción (OCDE 1993, Sánchez 2009). Los indicadores pueden ser cuantitativos y cualitativos (Claverias 2000). La complejidad y la multidimensión de la sostenibilidad hacen necesario volcar aspectos de naturaleza compleja en valores (indicadores) claros objetivos y generales (Sarandón 2002)

Respecto a estudios de identificación, descripción de indicadores para caracterizar o analizar los niveles de sostenibilidad en el cultivo de quinua o granos andinos en agroecosistemas de zonas altoandinas o valles interandinos se ha evidenciado escasa información al respecto.

El cultivo de quinua ha experimentado un significativo incremento de la superficie cultivada en los últimos años (MINAGRI .2014, MNAGRI 2017). En el caso peruano de zonas de producción tradicional el cultivo de quinua se ha expandido a zonas emergentes (valles interandinos) y en la zona de costa (Yunga Marítima), con resultados poco alentadores en la zona costera por la alta presión de plagas y enfermedades y los rechazos de lotes de quinua con residuos de pesticidas por parte de los EEUU. En este contexto, las instituciones públicas y privadas se enfocaron en analizar los resultados económicos y la inserción de los pequeños productores al mercado (IICA 2015, FAO 2014a) y los impactos de la intensificación en términos ambientales y sociales no han tenido la atención necesaria.

Tabla 15: Matriz de indicadores, sub-indicadores, definición y forma de medir en campo, comunidades de Chiara, Ayacucho

INDICADORES Y SUBINDICADORES ECONÓMICOS		
Indicador	Sub indicador	Unidad y forma de medida en campo
A: Rentabilidad	A1.- Superficie cultivada	Nº ha cultivadas de quinua de la campaña agrícola en estudio
	A2.- Productividad	Nivel de productividad en t.ha ⁻¹ de grano de quinua por unidad de área
	A3.- Incidencia de Plagas	Nivel de incidencia de daño de plagas/enfermedades en su cultivo principal
B.- Ingreso económico	B1.- Ingreso Neto mensual	Ingreso total por su cultivo principal, cultivo secundario y otras actividades (S/.mes)
C: Riesgo económico	C1.- Diversificación para la venta	Nº de productos agrícolas disponibles para la venta incluido el cultivo en estudio
	C2.- Número de canales de comercialización	Nº de alternativas o vías para la venta de sus productos
	C3.- Dependencia de insumos:	Nivel de dependencia de insumos externos en el cultivo de quinua
INDICADORES Y SUBINDICADORES AMBIENTALES		
Indicador	Sub indicador	Unidad de medida en campo
A: Conservación de la vida de suelo	A1.- Rotación de cultivos	Secuencia de cultivos por parcela/campaña/año (distribución temporal)
	A2.- Diversificación de cultivos	Número de cultivos instalados por parcela. Distribución espacial de cultivos
	A3.- Incorporación materia orgánica	Cantidad de materia orgánica incorporada en t.ha-1/campaña
	A4.- Preparación de terreno	Tipo/intensidad y frecuencia de labranza de suelos por campaña agrícola
B.- Riesgo de erosión	B1.- Pendiente predominante	Declive del terreno, respecto a la horizontal, de una superficie inclinada
	B2.- Cobertura vegetal	Días de cobertura del suelo con cultivos y vegetación natural durante el año
C: Manejo de la Biodiversidad	C1.- Conservación variedades de quinua	Nº de variedades y ecotipos locales de quinua mantenidas y en uso actual
	C2.- Gestión de plagas	Métodos, tipo de insumos utilizados en el control de plagas/enfermedades
	C3.- Manejo semilla de calidad	Calidad, procedencia de semillas de quinua utilizadas en la siembra
INDICADORES Y SUBINDICADORES SOCIALES		
Indicador	Sub indicador	Unidad de medida
A: Satisfacción de las necesidades básicas	A1.- Vivienda	Características de materiales y tipo de vivienda del productor de quinua
	A2.- Nivel de educación	Nivel de educación del productor
	A3.- Servicios de salud	Equipamiento y calidad de servicios de salud
	A4.- Servicios básicos	Instalaciones básicas en la vivienda del agricultor
B: Aceptabilidad del sistema de producción	B1.- Nivel de satisfacción del productor	Grado de conformidad del agricultor con el cultivo quinua como actividad principal
	B2.- Sistema de producción	Valoración del sistema de producción de quinua en función al impacto ambiental
C: Integración social	C1.- Nivel de integración social	Nivel de relación del productor con los demás miembros en su comunidad
D.- Asistencia técnica y capacitación	D1.- Nivel de asistencia técnica y capacitación	Nivel de percepción de utilidad de la asistencia técnica para su sistema de producción

Existen diversas metodologías útiles para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas. Márquez y Julca (2015), citan a Gómez- Limón y Arriaza (2011), quienes indican que existen modelos matemáticos, series de tiempo, indicadores y otros. La OCDE (1993) propone un modelo de evaluación de sostenibilidad considerando indicadores de presión, estado y respuesta. En este contexto, diversos autores (Sarandón *et al.* 2006, Sarandón y Flores 2009) desarrollaron una metodología de análisis de indicadores multicriterio para evaluar la sostenibilidad de sistemas agrícolas

Los indicadores y sub-indicadores que se agruparon en las tres dimensiones del desarrollo sostenible responden a la metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón (2002), siguiendo los lineamientos de Smyth y Dumansky (1995) y Astier *et al.* (2008). Los 24 indicadores priorizados resultan útiles y fáciles de obtener e interpretar, los cuales brindan información para detectar tendencias en el ámbito de estudio. Con respecto a la pertinencia en el número de indicadores Rugby *et al.* (2000), citado Sánchez (2009), sostienen que se debe evitar el empleo de indicadores que sean el desdoblamiento de otros porque puede conllevar a cometer errores de interpretación.

Los límites establecidos para evaluar la situación actual fueron las comunidades de Manallasaq, Kishurcancha y Sachabamba, en base a cuatro sistemas de producción de quinua prevalentes. Al respecto Sarandón y Flores (2009), afirman que el análisis, y la identificación de indicadores deberán construirse con un abordaje holístico y sistémico, definiendo los límites del sistema, los componentes del mismo y sus niveles jerárquicos superior e inferior. Por lo complejo que resulta analizar la sostenibilidad de los sistemas de producción y por los múltiples factores económicos, sociales, ambientales e institucionales que intervienen, hace necesario volcar estos aspectos en valores o indicadores (Girardin *et al.* 1999; Pretty 2008), citados por Merma y Julca (2012).

Para el trabajo de investigación se utilizó la metodología propuesta por Sarandón (2002) porque se adapta muy bien en el análisis de sostenibilidad de cultivos anuales (Márquez y Julca 2015). La misma propuesta metodológica utilizaron Ayora (2015); Sánchez (2009) y Barreto *et al.* (2015), para definir indicadores.

Estandarización de indicadores y sub-indicadores

Para realizar la comparación de las unidades de producción (parcelas) y facilitar el análisis de las múltiples dimensiones en evaluación, los datos fueron estandarizadas mediante su transformación a una escala de 1 a 5; siendo 5 el mayor valor de sostenibilidad y 1 el más bajo y de esa manera facilitar la integración de sub indicadores de distinta naturaleza, en indicadores más sintéticos o más robustos.

La ponderación se validó por discusión y consenso entre técnicos, expertos y agricultores líderes que participaron en el trabajo. Similar estandarización utilizaron Meza y Julca (2015) para analizar cuanto de sostenibles son los agroecosistemas y cultivos analizados. Al respecto, Sarandón (2002) menciona que una escala con 4 y/o 5 valores es adecuada para el análisis de niveles de soportabilidad de los agroecosistemas.

Caracterización y justificación de indicadores

De acuerdo a la propuesta metodológica de Sarandón (2002) y Sarandón y Flores (2014), para caracterizar y evaluar los niveles de sostenibilidad de sistemas de producción se debe realizar una serie de pasos con la finalidad de obtener un conjunto de indicadores adecuados para evaluar los puntos críticos a la sustentabilidad de los agroecosistemas.

El primer requisito para definir indicadores es que estas deben estar estrechamente relacionados con (o derivado de) algunos de los requisitos de la sustentabilidad (Sarandón y Flores 2014), es decir que deben ser relevantes para el sistema de producción analizado (Sarandón 2002). Es importante que los datos y la información disponibles sean interpretados adecuadamente, que los indicadores resultantes sean comunicados en forma rápida y efectiva y que sean de fácil comprensión (FAO 2001).

La descripción, conceptualización y justificación de cada indicador para analizar los impactos de la intensificación del cultivo de quinua en los valles interandinos del distrito de Chiara, se muestran en las Tablas 16, 17 y 18.

Caracterización y justificación de los indicadores

Tabla 16. Descripción de indicadores: Dimensión Económica

Indicador	Subindicador	Descripción del subindicador
A: Autosuficiencia Alimentaria	A1.- Superficie cultivada:	<p>La superficie de cultivo está constituida por el conjunto de tierras de todas las parcelas de la unidad agropecuaria, que son dedicadas a la producción agrícola. En cambio superficie cosechada se refiere al área o superficie de la cual se obtiene la producción del cultivo.</p> <p>En la zona alto andina del Perú la fragmentación de las tierras de cultivo es considerada como uno de los principales factores de la baja productividad. Según los resultados del IV CENAGRO las unidades de producción se incrementaron y en la sierra el promedio de la parcela es 0.8 ha.</p>
	A2.- Productividad	<p>El rendimiento es el índice que se obtiene al dividir el volumen total producido entre la superficie cosechada. El rendimiento promedio nacional es 1.1 t ha⁻¹. En la sierra se utiliza tecnología intermedia y baja, aunque sus costos de producción son menores su rendimiento promedio no supera las 1.2 t ha⁻¹; sin embargo en algunas zonas altoandinas de Ayacucho, Junín se logró rendimiento promedio de 1,5 a 1, 9 t/ha. En algunas zonas de Ayacucho el promedio de rendimiento alcanzado es 1.35 t ha⁻¹ (MINAGRI 2015a)</p>
	A3.- Incidencia de Plagas	<p>La incidencia y severidad de las plagas son factores de alta importancia para la sostenibilidad del cultivo de quinua. La aparición de plagas se debe a la creación de condiciones ambientales que propician su desarrollo y aumentan la vulnerabilidad de los agroecosistemas. Según Sarandón y Flores (2014), para que una especie fitófaga sea considerada plaga su densidad poblacional debe ser tal que cause un perjuicio económico mayor al costo que implica utilizar una medida de control.</p>
B.- Ingreso económico	B1.- Ingreso Neto mensual	<p>El Ingreso Bruto se calcula multiplicando el rendimiento promedio (kg/ha) por el precio de venta del producto (S/.kg). Un sistema es sostenible si la producción de quinua es suficiente para cubrir los costos de producción y los gastos de necesidades primarias de la familia. Si la calidad de la quinua producida es alta y con suficiente valor económico como para ser vendido en un precio superior al promedio del mercado. Variable: relación del grano con los defectos y residuos. El sistema es sostenible si puede satisfacer las necesidades económicas del grupo familiar. Estos ingresos considera los ingresos agrícolas y no agrícolas</p>
C: Riesgo económico	C1.- Diversificación para la venta:	<p>Un sistema será sostenible si el productor puede comercializar más de un producto, ya que si sufriera alguna pérdida o daño del mismo, podría compensarlo con los demás productos que vende</p>

C2.- Número de canales de comercialización:	Los canales de comercialización cumplen con la función de facilitar la distribución y entrega de productos al consumidor final. Los canales de comercialización pueden ser directos o indirectos. Son directos cuando los mismos productores son los encargados de efectuar la comercialización y entrega de productos al cliente. Mientras que los canales indirectos son apropiados para medianas y grandes empresas, que están en condiciones de producir bienes o servicios para un número grande de consumidores, distribuidos por más de una ciudad o país, a los cuales los productores están imposibilitados de llegar en forma directa
C3.- Dependencia de insumos externos:	Un sistema con alta dependencia de insumos no es sostenible en el tiempo. Según Barrientos et al. (2017), la pérdida de fertilidad de los suelos en los cultivos mecanizados de quinua se menciona a menudo como un fenómeno preocupante y como principal causa de una supuesta disminución de los rendimientos de quinua y prueba de que el agroecosistema estaría excediendo su capacidad de carga.

Tabla 17. Descripción Indicadores: Dimensión Ambiental

indicador	Sub indicador	Descripción del subindicador
A: Conservación de la vida del suelo	A1- Rotación de cultivos.	La rotación de cultivos es la sucesión recurrente y regular de diferentes cultivos en el mismo terreno a lo largo del tiempo. Esta práctica aumenta la disponibilidad de los nutrientes, mejora la estructura del suelo y su actividad biológica, y reduce la incidencia de plagas. Sin embargo, el éxito de la rotación de cultivos depende selección y secuencia de los cultivos que van a rotarse. Las rotaciones permiten aumentar la diversidad vegetal del agroecosistema en el tiempo y cortar con el ciclo de plagas (insectos, enfermedades y malezas) (Sarandón y Flores 2014). Una adecuada rotación de cultivos en función de la demanda del mercado es una alternativa, no solo agronómica para mejorar los suelos o romper ciclo de plagas (Barrezueta 2015); tradicionalmente el sistema de rotación de una cédula de cultivo anual, en los Andes, incluye periodos de descanso variables y siembras de diferentes cultivos rotándolos anualmente en la misma parcela (Soto <i>et al.</i> 2012)
	A2- Diversificación de cultivos.	La diversificación de cultivos es aquel tipo de agricultura que usa cosechas múltiples en el mismo espacio, imitando la diversidad de ecosistemas naturales, y evitando los grandes soportes de las cosechas únicas. Los policultivos se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas hasta asociaciones complejas de muchas especies entremezcladas.

B: Riesgo de erosión suelo	A3.- Incorporación de materia orgánica	La aplicación de materia orgánica en los suelos permite mejorar la fertilidad y estructura de los mismos, ayudando también al desarrollo vegetal mediante una serie de acciones físicas, químicas y biológicas que ejerce sobre el suelo y fisiológicas sobre la planta. Gracias al aporte de materia orgánica el suelo se encuentra agregado, con buena porosidad y presenta alta capacidad de retención de agua. Además, un suministro adecuado de materia orgánica resulta necesario al actuar como fuente indispensable de nutrientes para las plantas. una explotación agrícola intensiva que logra aumentar la productividad y la rentabilidad durante algunos años, recurriendo masivamente a fertilizantes químicos, pero una vez que el suelo sea completamente degradado, no generará más ni cultivos ni ingresos (Barrantes 2006)
	A4.- preparación de terreno	<p>El sistema sostenible es aquel que conserva la cantidad y calidad de sus suelos. Variable: labores o técnicas realizadas por el productor con respecto a la conservación de suelos. El sistema de labranza influye sobre la presencia de enemigos naturales de manera indirecta, al afectar la vegetación y los residuos en superficie y de manera directa ya que los disturbios del suelo afectan los lugares de hábitat y refugio (Altieri y Nicholls 2000). La labranza cero favorece la presencia de enemigos naturales por la existencia de residuos vegetales en superficie.</p> <p>La reducción de la calidad del suelo y su productividad puede estar dada por procesos físicos, químicos y biológicos. La degradación del suelo incluye la formación de costras, compactación, sellado, la erosión por los vientos y la acción del agua, eliminación de la vegetación, anegamiento, reducción de infiltración, salinización, quema de residuos vegetales, lixiviación de nutrientes, aplicación de fertilizantes, sobreexplotación y pérdidas de biodiversidad.</p>
	B1- Pendiente predominante.	<p>La pendiente en un punto del terreno se define como el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical. Se conoce también como la inclinación del terreno respecto a su plano horizontal que pasa por su base y se expresa en porcentaje para el presenta caso.</p> <p>Un sistema es sostenible si logra minimizar o evitar la pérdida de suelo debido a la erosión (en este caso, hídrica). El uso de tierras para uso agrícola debe estar en función a la Capacidad de Uso Mayor de los Suelos</p>
	B3.- Cobertura vegetal.	Provee al suelo de una protección contra los agentes climáticos y disminuye el riesgo de erosión. La cobertura vegetal constituye una práctica de manejo sostenible del suelo; favorece su actividad biológica, preserva su biodiversidad y evita su deterioro. Se considera como un factor positivo la diversidad de especies en la parcela incluyendo el número de cultivos y la preservación de especies no comerciales como cortinas forestales, vegetación nativa, cultivos de cobertura como del género vicia (Abraham <i>et al.</i> 2014)

C: Manejo de biodiversidad		<p>La cobertura vegetal mejorar la capacidad productiva de los suelos y disminuye la erosión del suelo (Sarandón y Flores 2014). El follaje de las plantas amortigua la fuerza del impacto de las gotas de agua. La cobertura del suelo puede ser representada básicamente por la cobertura vegetal de las plantas en desarrollo (su periodo vegetativo) o por sus residuos. La cobertura vegetal también reduce la erosión hídrica y eólica, mejora la estabilidad estructural de los agregados superficiales, protege de la fuerza de impacto de las gotas de lluvia, disminuyendo la separación de las partículas de los agregados del suelo, que es el primer paso en el proceso de la erosión.</p>
	C1- Conservación de variedades/ecotipos locales de quinua	<p>El monocultivo y la especialización provocan la pérdida de variedades o ecotipos locales de alto valor genético. La introducción de variedades mejoradas viene desplazando gradual o totalmente variedades y ecotipos locales de quinua de alto valor genético. Este indicador permitirá medir el impacto que está causando la preferencia de los productores por variedades de alto rendimiento y la preferencia del mercado por granos blancos. Los agricultores han mantenido e incrementado esta alta diversidad genética del cultivo, como medio de reducir el riesgo climático y diversificar su uso en su alimentación, que es necesario identificar con mayor profundidad.</p>
	C2.- Gestión de plagas	<p>La estrategia de manejo de plagas tiene influencia sobre la presencia de artrópodos en el sistema productivo. Si se realizan aplicaciones preventivas de insecticida hay menos posibilidades de que los predadores estén presentes en el sistema, ya que además de eliminarlos, no existe suficiente cantidad de presas para mantener las poblaciones de depredadores presentes (Altieri y Nicholls 2000). Las investigaciones en pérdidas de cultivos han sido enfocadas principalmente a plagas insectiles y enfermedades, pero otras especies como vertebrados, aves y mamíferos pueden afectar a los cultivos agrícolas (Robles <i>et al.</i> 2003). El sistema es sostenible cuando la infestación y la incidencia de plagas y enfermedades son bajas y no superan el nivel de daño económico. Además cuando las medidas adoptadas no dependen mayormente de insumos externos y agroquímicos.</p>
	C3.- Manejo de semilla	<p>El uso de semillas de calidad es factor clave para garantizar alto rendimiento y calidad en las cosechas. La calidad genética, sanitaria, física y sanitaria de las semillas proveerá al sistema menor dependencia de insumos externos y menor impacto negativo en los agroecosistemas. Los factores a considerar en una semilla de calidad son la calidad física, fisiológica, sanitaria y genética</p>

Tabla 18. Descripción Indicadores: Dimensión social

Indicador	Indicador	Descripción del subindicador
A: Satisfacción de necesidades básicas	A1- Vivienda.	La vivienda es una edificación cuya principal función es ofrecer refugio y habitación a las personas, protegiéndolas de las inclemencias climáticas y de otras amenazas. Otras denominaciones de vivienda son: apartamento, aposento, casa, domicilio, estancia, hogar.
	A2- Nivel de educación.	La educación no es solo un fin en sí misma, sino también un medio para la consecución del desarrollo. Los agricultores con estudios pueden interpretar y responder mejor a la información o introducción de una nueva tecnología de producción. La educación también permite que los hogares rurales aprovechen las oportunidades de diversificar sus fuentes de ingresos.
	A3- Acceso a salud y cobertura sanitaria.	La salud y el desarrollo tienen una relación directa. La salud depende de la capacidad de controlar la interacción entre el medio físico, el biológico y el económico y social. No es posible lograr un desarrollo equilibrado sin una población saludable. La mayoría de las actividades de desarrollo afectan en mayor o menor grado al medio ambiente, lo que, a su vez, origina muchos problemas de salud. También depende de que las condiciones ambientales le sean favorables, lo que supone, entre otras cosas, un abastecimiento adecuado de agua y de servicios de saneamiento, más un suministro seguro de alimentos y una nutrición apropiada
	A4- Servicios básicos	El acceso a los servicios básicos que hacen posible tener vivienda digna para la población, es otro indicador de las condiciones favorables en el bienestar social y por tanto en el nivel relativo de desarrollo, el hecho que las coberturas en servicios de agua potable, desagüe y energía eléctrica se vean incrementadas a favor de una mayor población reduciendo así las disparidades sociales, sugieren un mejor nivel de desarrollo al reducir en este mismo sentido las enfermedades y aumentar la calidad de vida que finalmente significa acumulación de capital humano
B- Aceptabilidad del sistema de producción.	B1- Nivel de satisfacción del productor	Mide el nivel de satisfacción el productor con la tecnología promovida y se basa en el concepto de que uso de nuevas tecnologías está determinado por la utilidad o satisfacción que obtiene el agricultor y esta satisfacción se deriva de las características de la tecnología y su importancia para el agricultor. La satisfacción del productor está directamente relacionada con el grado de aceptación del sistema productivo
	B2- Sistema de producción	Los sistemas agrícolas son el conjunto de componentes que interactúan entre sí, la disposición de los componentes y subsistemas proporciona al sistema sus propiedades estructurales, mientras que los cambios de materia, energía o información representan sus propiedades funcionales; por lo tanto, los cultivos son componentes de sistemas de cultivo, los que a su vez son componentes de los agroecosistemas (Escobar y Berdegué 1990). Los sistemas de producción utilizados en la zona altoandina del país determinan el grado de dependencia o autonomía de insumos externos, así como estrategias de gestión de riesgos frente a amenazas climáticas. Si bien el sistema

		<p>orgánico prescinde de agroquímicos, los productores están obligados al uso de semillas del mayor grado de pureza varietal lo cual condiciona al monocultivo con una sola especie. Los sistemas mixtos y convencionales dependen mayoritariamente de insumos externos. De acuerdo a Abraham <i>et al.</i> (2014), un sistema productivo equilibrado es aquel capaz de permanecer en el tiempo ya que promueve la conservación de los recursos naturales, del capital social y genera una renta económica suficiente para la subsistencia de los mismos</p>
<p>C: Integración social</p>	<p>C1- relación con otros miembros de la comunidad.</p>	<p>La asociatividad, es una facultad social de los individuos de agruparse para sumar esfuerzos, responder colectivamente en sus actividades cotidianas. Se considera que un productor integrado a organizaciones sociales es menos vulnerable dentro del contexto socio-económico y puede mantenerse en el tiempo Abraham <i>et al.</i> (2014). Las organizaciones de productores ofrecen a los pequeños productores un espacio para responder de manera colectiva a las crecientes demandas de la agricultura moderna, buscan de manera continuada nuevos medios de mejorar la competitividad mediante acciones conjuntas, tales como las compras colectivas de insumos agrícolas, la comercialización y negociación colectiva y la presión política a los responsables de la elaboración de políticas.</p> <p>El éxito de las organizaciones de productores depende en gran medida de un buen liderazgo, conocimiento de primera mano sobre los mercados de bienes básicos específicos, así como de un sistema operativo, financiero y de gestión transparente capaz de delegar tareas a personal con experiencia.</p> <p>La dimensión social es prioritaria en el desarrollo de alternativas de sostenibilidad, con particular importancia en el proceso de organización de los productores como mecanismo para innovar los sistemas de producción, mediante la adopción, implementación y adecuación de tecnologías generadas Candelaria, <i>et al.</i> (2014)</p>
<p>D: Asistencia técnica y capacitación</p>	<p>D1- Nivel de asistencia técnica y capacitación</p>	<p>Los productores locales son conocedores de un conjunto de técnicas y saberes, son quienes manejan los cultivos y también son los directos beneficiarios de los productos logrados. Los agricultores familiares son los custodios de un conocimiento muy bien adaptado a la ecología local y a la capacidad de los suelos. A través de los conocimientos locales, sostienen la productividad en tierras a menudo marginales, a través de técnicas de manejo de la tierra compleja e innovadora. Pero estos conocimientos deben ser complementados y fortalecidos con tecnologías de producción adaptados a sus sistemas de producción. Este indicador mide la pertinencia de los planes y programas de capacitación y asistencia técnica que proveen el sector público y privado.</p>

Estructura de los indicadores económicos

En la dimensión económica, se determinaron tres indicadores: nivel de rentabilidad, ingreso neto mensual y riesgo económico, como los más relevantes en la zona, que miden la situación actual de ingreso (Tabla 19).

Tabla 19: Indicadores, sub-indicadores y escalas de valor en la dimensión económica. Comunidades de Chiara, Ayacucho

Indicador	Sub indicador	Escala de valor del sub indicador
A:	A1.- Superficie cultivada	(5) más de 1 ha; (4) 0,75 a 1ha; (3) 0,5 a 0,75 ha; (2) 0,25-0,5 ha; (1) menos de 0,25 ha.
	A2.- Productividad	(5): más de 3t; (4): de 2 a 2.99t; (3): de 1.0 a 1.99 t (2): 0.5 a 0.99t; (1): menos de 0.5t
	A3.- Incidencia de Plagas	5): Muy baja; (4): Baja; (3): Media; (2):Alta; (1) Muy alta
B:	B1.- Ingreso Neto mensual	(5): más de S/. 5000/mes; (4): de S/. 3000-4999; (3): de S/. 1500-2999; (2): de S/. 750-1499; (1): menos de S/. 750 soles/mes
	C1.- Diversificación para la venta:	5): más de 5 productos; (4): 4 productos; (3): 3 productos; (2): 2 productos; (1): 1 producto.
C:	C2.- Número de canales de comercialización	(5) \geq 5 canales (4) 4 canales (3) 3 canales (2) 2 canales (1) 1 canal.
	C3.- Dependencia de insumos:	5): Muy baja o ninguna; (4):Baja; (3):Media; (2):Alta; (1): Muy alta

Estructura de los indicadores ambientales

Se consideran que los indicadores: nivel de conservación de la vida del suelo, riesgos de erosión y manejo de la biodiversidad, son determinantes para medir aspectos cualitativos y cuantitativos ambientales en las tres comunidades en estudio (Tabla 20).

Tabla 20: Matriz de Indicadores, subindicadores y valor en la dimensión ambiental.
Comunidades de Chiara Ayacucho

Indicador	Sub indicador	Escala de valor del sub indicador
A:	A1.- Rotación de cultivos	5) Deja descansar un año el lote/incorpora leguminosas o abonos verdes (4) Rota el lote con leguminosas/cereales/ papa. No deja descansar el suelo; (3) Rota el campo cada año; (2): Realiza rotaciones eventualmente; (1): No realiza rotaciones.
	A2.- Diversificación de cultivos	5) Totalmente diversificados con más de 5 cultivos; (4) :hasta 4 cultivos asociados por parcela; (3) tres cultivos asociados(2) 1 dos cultivos bajo, nivel de asociación (1) Monocultivo
	A3.- Incorporación de materia orgánica	5) Más de 5 t.ha ⁻¹ (4) hasta 3 t.ha ⁻¹ (3) hasta 2 t.ha ⁻¹ (2) hasta 1 t.ha ⁻¹ (1) no incorpora MO.
	A4.- Preparación de terreno	(5) Labranza mínima manual; (4): Labranza: barbecho, desterronado, manual; (3): con Yunta (2) tractor, rastra una pasada; (1) tractor rastra y surcado más de dos pasadas.
B:	B1.- Pendiente predominante	(5) 0 al 5 % (4) 5 al 15 % (3) 15 al 30 % (2) 30 al 45 %; (1) > 45 %.
	B2.- Cobertura vegetal	5) Cobertura todo el año, cultivo, vegetación natural, rastrojos; (4) Cobertura durante el cultivo y con rastrojos (3) Cobertura todo el año con dos cultivos consecutivos; (2) Cobertura parcial durante el cultivo de quinua;(1) Sin cobertura vegetal todo el año
C:	C1.- Conservación in situ de ecotipos locales de quinua	5) mayor a 10 variedades; (4) 5 a 9 variedades ;(3):2 a 3 variedades ;(2) 1 variedad; (1): ninguno
	C2.- Gestión de plagas /enfermedades.	5) Ninguna medida; (4) Biócidias naturales; (3) Biócidias industriales (2): MIP; (1) Control químico.
	C3.- Manejo semilla de calidad	(45)Siembra con semilla certificada; (4) Semilla no certificada; (3) Semilla propia seleccionada (2)Semilla de mercado local(1) semilla de origen desconocido

MIP= Manejo Integrado de Plagas

La cantidad, pertinencia y calidad de los indicadores ambientales fueron los de mayor discusión, puesto que a entender de los expertos y productores líderes de quinua los factores ambientales son los de mayor importancia para la producción de quinua.

Estructura de indicadores de la dimensión social

Se identificaron cuatro indicadores que miden el nivel de satisfacción de las necesidades básicas, el grado de aceptabilidad de los sistemas de producción de quinua, la integración social y la valoración de capacitación y asistencia técnica (Tabla 21).

Tabla 21: Matriz de indicadores, subindicadores y valor en la dimensión social.
Comunidades de Chiara, Ayacucho

Indicador	Sub indicador	Escala de valor del sub indicador
	A1.- Vivienda	(5): Material noble, muy buena; (4): Material adobe, buena; (3): Adobe regular, piso de tierra; (2): Adobe sin terminar o deteriorada; (1): Choza Mala, sin terminar, deteriorada,
	A2.- Acceso a la educación	5):Universitario, maestría; (4): Técnico; (3): secundaria ; (2): primaria; (1): Ninguna
A:	A3.- Acceso a salud y cobertura sanitaria	(5) Con médicos permanentes e infraestructura adecuada (4) Con personal temporal medianamente equipado (3) Mal equipado y personal temporal (2) Mal equipado y sin personal idóneo (1) Sin centro de salud.
	A4.- Servicios	(5) Instalación de agua, desagüe, luz, teléfono, (4): instalación de agua, desagüe, luz sin teléfono , (3) Instalación de agua, luz, teléfono sin desagüe; (2) Agua luz, sin desagüe; (1) Sin servicios básicos, y sin fuente de agua cercana.
B:	B1.- Nivel de satisfacción del productor	(5): Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad aunque ésta le reporte más ingresos; (4): Está contento, pero espera mejores resultados (3): No está del todo satisfecho continua con el cultivo de quinua porque es lo único que sabe hacer; (2): Poco satisfecho. Anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad; (1): Está desilusionado por los constantes fracasos y piensa dedicarse a otra actividad
	B2.-Sistema de producción	4: Tradicional; (3): Orgánico; (2): Producción Limpia Mixta; (1): Convencional
C:	C1.- Nivel de integración social	(5) Muy alta, liderazgo; (4) Alta; (3) Media; (2) Baja; (1) Nula.
D:	D1.- Nivel de asistencia técnica y capacitación	(5) Muy buena, idónea para su sistema; (4) Buena; (3)Media, requiere adecuar a su sistema de producción ; (2) Baja, inadecuado para su sistema de producción (1) Nula, no le sirve

Determinación del valor de los indicadores

Para calcular el indicador económico (IK), se ponderó con 2 el indicador: rentabilidad (A), porque califica directamente la condición económica del agricultor y los indicadores; ingreso neto mensual (B) y riesgo económico (C) con ponderación simple. Para el caso del indicador ambiental (IA), se pondera con 2 el indicador satisfacción de necesidades básicas por ser fundamental para el bienestar de la familia en términos de acceso a vivienda y los servicios básicos. Para estimar el IA, se considera que el indicador (A): Conservación de la vida del suelo es el más importante porque tiene que ver con el recurso suelo como medio de producción y seguridad alimentaria de la familia

Con los resultados de los indicadores de la dimensión económica, ambiental y social se estima el índice de sostenibilidad general (ISG) valorando a todos por igual. El valor umbral o mínimo que debe alcanzar el ISG para considerar que la producción de quinua bajo los sistemas de producción identificados son sostenibles, debe ser igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 3. Ninguna de las tres áreas debe tener un valor menor a 3.

En las fórmulas propuestas, los indicadores de nivel de rentabilidad, conservación de la vida del suelo y satisfacción de las necesidades básicas fueron ponderados con el doble porque califican e inciden directamente en la condición económica del productor, conservación de sus medios de vida y bienestar de la familia. La ponderación se validó por consenso entre técnicos, expertos y agricultores líderes. Los mismos criterios fueron utilizados por Merma y Julca (2012 y Márquez y Julca (2015). Por su parte, Gayoso e Iroumé (1991), citados por Márquez y Julca (2015), afirman que la ponderación, es un paso inevitable. Al respecto Sarandón y Flores (2014) señalan que a mayor valor de los indicadores, mayor será la sostenibilidad.

Evaluación de los niveles de Sostenibilidad del cultivo de quinua en sistemas productivos del distrito de Chiara –Ayacucho.

En el Perú, en los últimos años el cultivo de quinua se intensificó por la alta demanda del mercado y los buenos precios en campo de productor (Vargas *et al.* 2015). El área cultivada se incrementó, se usó o introdujo las nuevas prácticas culturales e insumos. Esta introducción supone cambios cuyas consecuencias en términos socioeconómicos y ambientales aún no se conocen (Soto *et al.* 2012). En el 2014 la producción nacional de quinua fue de 114 mil toneladas, lo que representa un crecimiento del 119 % con relación al 2013 (MINAGRI 2015a). En el departamento de Ayacucho, la superficie cultivada de quinua fue por años bastante reducida, pero en los últimos 10 años aumentó de 244 a 2 36 ha, lo que representa un incremento del 939 % (DRAA 2014). Mientras que en la campaña 2014/15, el área total sembrada a nivel departamental alcanzó las 11 115 ha, en la provincia de Huamanga 6429 ha, y 1500 a nivel del distrito de Chiara (DRAA 2015). En este periodo, en los valles interandinos de la zona de estudio; se sembró quinua como monocultivo, con mayor mecanización agrícola, con mayor uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos y pesticidas, empleo de variedades mejoradas con predominancia de las quinuas blancas sobre las quinuas de color y los ecotipos locales e incremento de área con desplazo de otros cultivos tradicionales (Campos *et al.* 2012, IICA 2015).

Los sistemas de producción

Actualmente se puede encontrar hasta cuatro sistemas de producción. El convencional, con alta dependencia de insumos externos, servicios de mano de obra y maquinaria (Medrano *et al.* 2011, Mercado y Ubillus 2017). El tradicional, en áreas cada vez más reducidas con bajos índices de producción y de productividad, con economías de subsistencia (Bolívar 2011); y los mixtos o alternativos que promueven el uso racional de agroquímicos y manejo responsable de los medios de producción (Bolívar 2011, IICA 2015). Los productores orgánicos, que pertenecen a organizaciones, reciben asistencia técnica, para mercados de exportación (Medrano *et al.* 2011; Campos *et al.* 2017). En el contexto global, para el 2030, los acuerdos internacionales procuran asegurar sistemas de producción sostenibles, con prácticas agrícolas que incrementen la producción y productividad; pero, al mismo tiempo conserven los ecosistemas (ONU 2015).

Descripción de los sistemas de producción en el ámbito de estudio

Producción tradicional

En los sistemas de producción tradicional, el empleo de estos abonos provenientes de los establos o corrales de crianza de animales es práctica cotidiana de los productores para mejorar la fertilidad de sus campos de cultivo. Con respecto a las semillas por tradición emplean sus propias semillas previamente seleccionadas y separadas para tal fin. El control de plagas en la mayoría de los casos es a base de productos preparados en forma casera; por ejemplo, utilizan el agua saponificada procedente del lavado de los granos de quinua como insecticida repelente para el control de insectos plaga. En general se puede afirmar que es un sistema de producción orgánica pero que no está normado y no cuenta con sistemas de control de calidad y certificación.

Producción orgánica

Es un sistema de producción sin el empleo de insumos químicos de fabricación industrial, asimismo la tecnología empleada está en armonía con el medio ambiente en especial fauna y flora y la conservación de los recursos suelo y agua. La producción orgánica es implementada dentro de un marco de Sistema de Control Interno (SCI) y auditada por un organismo especializado para la acreditación como producto orgánico.

Los programas de producción orgánica exigen la incorporación de materia orgánica cuyas fuentes pueden ser el guano de corral o estiércol proveniente de la crianza de animales como: las gallinas, cuyes, ovinos, vacunos, caprinos, equinos y camélidos. La restricción para un programa orgánico, es que para ser incorporados al suelo tienen que haber pasado previamente por un proceso de descomposición. Otras fuentes de fertilización observada en la zona de estudio es la incorporación de compost, humus de lombriz y para aplicaciones vía foliar el biol (mezcla de residuos orgánicos frescos en agua, fermentados por un proceso de descomposición con ausencia de oxígeno). Para el control de plagas utilizan los bioinsecticidas tanto de preparación casera (aji, tabaco agua saponificada procedente del lavado de quinua, caldo bordelés) y los industriales (*B. thuringensis*, o aplicaciones de mezclas de *Trichoderma sp.* y *Bacillus sp.*)

Producción Mixta

Es aquella producción cuyos análisis de multiresiduales de pesticidas de los granos de quinua deben resultar negativos. La tecnología de producción puede, como no, recurrir al empleo de insumos químicos. No tiene ninguna acreditación, pero se presta una atención especial en el empleo de insumos químicos aceptados. La quinua procedente de sistemas de producción tradicional cuyos resultados de análisis multiresiduales de pesticidas son negativos (por no tener acreditación), comercialmente es denominada quinua limpia.

La producción limpia, estrictamente referido a la definición líneas arriba, no está regulada, es una herramienta comercial que permite una mejor negociación dentro del mercado convencional. Los controles actuales de calidad en quinua exigen: análisis de calidad sanitaria, análisis bromatológicos y el análisis de multiresiduales de pesticidas. Aun no se aplica los análisis específicos para metales pesados, por lo cual, la aplicación de fertilizantes químicos al suelo y vía foliar no está monitoreada

Producción convencional

Corresponde a sistemas de producción mecanizada (tractor, cosechadora, trailladora) y con alto e indiscriminado uso de agroquímicos; si bien incorporan materia orgánica (gallinaza, guano de isla y guano de corral) hasta 5 t ha⁻¹, la fertilización química es una práctica común. El nivel de fertilización es 80 – 120 – 60 de NPK cuyas fuentes son la Urea, el Fosfato Diamónico, y el Cloruro de Potasio. Por lo general utilizan semilla certificada procedente de

campos semilleros supervisados. La quinua procedente de estos sistemas tiene límites máximos permisibles para ingresar a los mercados de la Unión Europea y Estados Unidos.

Propuesta de análisis de sostenibilidad

De acuerdo al marco conceptual de Sarandón (2002), la agricultura sostenible debe ser suficientemente productiva, económicamente viable, ecológicamente adecuada y cultural y socialmente aceptable. Para la FAO (2014b), la agricultura que no protege y mejora los medios de vida rurales y el bienestar social, es insostenible. La sostenibilidad es un concepto complejo y multidireccional, que hace difícil su evaluación (Benítez *et al.* 2016); sin embargo, se han desarrollado propuestas metodológicas para medir la sostenibilidad de sistemas de producción (Sarandón 2002). La sostenibilidad de los sistemas de producción se basa en el uso racional de los recursos naturales, empleo de insumos, productos y tecnologías que no perjudiquen al medioambiente y el fomento del crecimiento económico con equidad social (Martínez *et al.* 2014, Bolívar 2011).

En general, la mayoría de autores proponen, al menos, tres dimensiones de evaluación: la ecológica, la económica y la social o socio-cultural (Blandi *et al.* 2015). Para evaluar cada dimensión señalada, hay métodos de análisis multicriterio que analiza un conjunto de indicadores que facilitan determinar los puntos críticos de los agroecosistemas (Sarandón y Flores 2014, Meza y Julca 2015).

Indicadores de sostenibilidad

Para el análisis multicriterio propuesto por Sarandón (2002), con fines de análisis, 10 indicadores y 24 sub-indicadores se agruparon en la dimensión económica, ambiental y social (Tabla 22).

Tabla 22: Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho

DIMENSIÓN ECONÓMICA (IK)	DIMENSIÓN AMBIENTAL (IA)	DIMENSIÓN SOCIAL (IS)
A.- Rentabilidad	A.- Conservación de la vida de suelo	A.- Satisfacción de las necesidades básicas
A1.- Superficie cultivada	A1.- Rotación de cultivos	A1.- Vivienda.
A2.- Productividad	A2.- Diversificación de cultivos	A2.- Nivel de educación
A3.- Incidencia de Plagas	A3.- Incorporación de materia orgánica	A3.- Acceso a salud y cobertura
B.- Ingreso económico	B.- Riesgo de erosión	A4.- Servicios.
B1.- Ingreso Neto Mensual	B1.- Preparación de terreno	B.-Aceptabilidad sistema de producción
-Ingreso por cultivo principal	B2.- Sistema de producción	B1.- Nivel de satisfacción del productor
-Ingreso cultivo secundario	B3.- Pendiente predominante	B2.- Sistema de producción
-Ingreso otras actividades	B4.- Cobertura vegetal	C.- Integración social
C.- Riesgo económico	C.- Manejo de la Biodiversidad	C1.- Nivel de integración social
C1.- Diversificación para la venta	C1.- Conservación de variedades de quinua	D.- Asistencia técnica y capacitación
C2.- N° canales comercialización	C2.- Gestión de plagas	D1.- Nivel asistencia técnica y capacitación
C3.- Dependencia de insumos:	C3.- Manejo semilla de calidad	

A, B, C, D =Variables; A1, B1, C1, D1= Subindicadores

Análisis de consistencia interna de variables e indicadores

El análisis de consistencia interna para las 24 variables, con valores de 0.814 y 0.797 alfa de Cronbach, le confiere buena confiabilidad al análisis por la consistencia y pertinencia interna de los indicadores y la escala utilizada. Este análisis posibilitó establecer niveles de asociación y relaciones de dependencia y semejanza de los productores analizados. En la Figura 23, se observa que los productores 53, 54, 73 y 74 corresponde a productores tradicionales, que se caracterizan por la baja dependencia de insumos externos, pero con bajos niveles de rentabilidad y productividad; mientras que los sistemas orgánicos, mixtos y convencionales se encuentran más próximos a la dimensión 2; por tanto, esta dimensión que agrupa a productores orgánicos, mixtos y convencionales resulta ser la más idónea y representativa para definir la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua en el distrito de Chiara por la mayor asociación entre variables

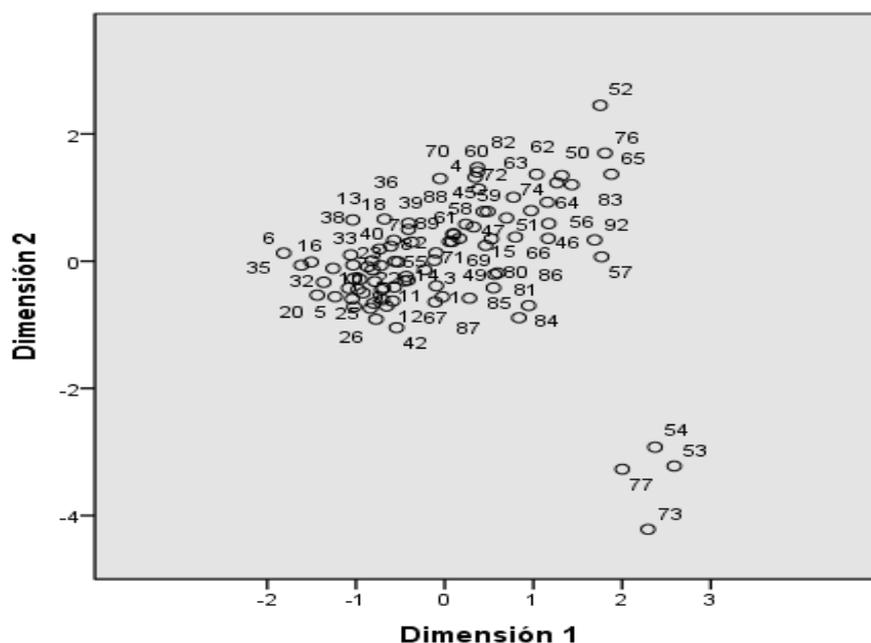


Figura 23: Puntos de objeto etiquetados por número de caso. Los N° 53, 54, 73 y 74 corresponden a productores tradicionales

En el análisis de consistencia interna de las 24 variables en estudio con escala tipo ordinal, los valores de 0.814 y 0.797 alfa de Cronbach, señalan buena consistencia interna de los datos y la escala ordinal establecida; por lo tanto muestra confiabilidad para definir las características y sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua. Al respecto González y Pazmiño (2015), afirma que un valor del alfa de Cronbach, entre 0.70 y 0.90 indica una buena consistencia interna y las variables observables que conforman ambas dimensiones están altamente correlacionadas y son interdependientes, lo cual garantiza la pertinencia del análisis de correspondencias y además permite clasificar sistemas de producción en fincas.

Dimensión económica

En el análisis de la sostenibilidad económica (IK), el sistema de producción orgánico alcanzó un valor de 3.08, que fue mayor a los otros sistemas de producción. Mientras que el valor más bajo y por lo tanto el menos sostenible es el sistema tradicional con un IK de 2.15 (Tabla 24). Los indicadores que afectaron la sostenibilidad económica de la producción tradicional fueron rentabilidad, ingreso neto mensual y riesgo económico. Para determinar los puntos críticos y comparar la sostenibilidad de los sistemas de producción de quinua, con datos procesados de las encuestas se realizaron diagramas tipo ameba (Anexo 131, 132, 133 y 134).

En el diagrama tipo ameba (Figura 24), relacionado con los indicadores económicos (IK), se observa que el sistema tradicional es menos dependiente de insumos externos; sin embargo, presenta tres puntos críticos: pequeñas superficies de siembra, baja productividad, dificultades de acceso a mercados con pocas alternativas o canales de comercio, los cuales afectan la rentabilidad. El ingreso neto mensual para la producción tradicional fluctúa entre USD 149.40 y USD 299.11, mientras que agricultores con producción orgánica, mixta tienen ingresos entre USD 299.11 y USD 1496.71.

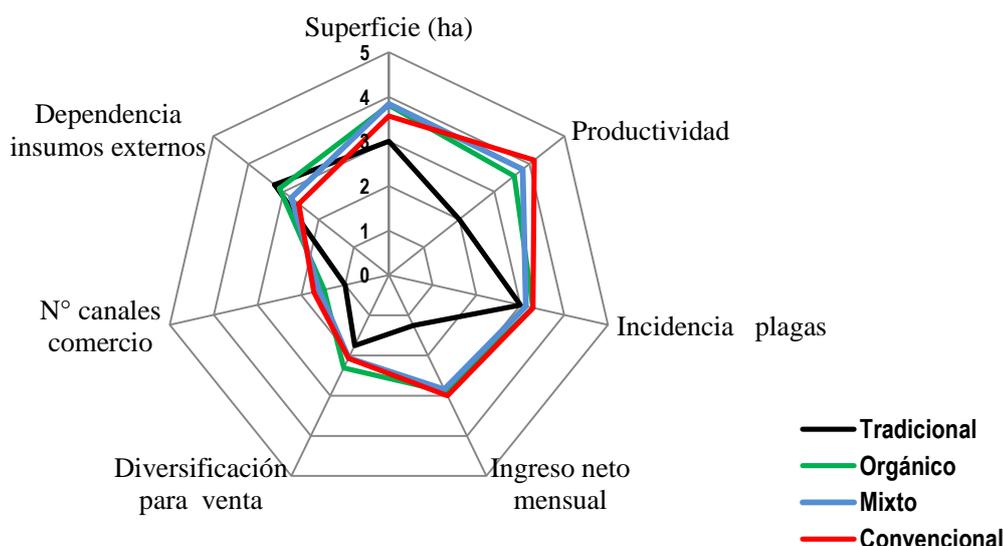


Figura 24: Diagrama con indicadores de niveles de sostenibilidad económica de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho

En el análisis comparativo del Indicador Económico (IK), el sistema tradicional tiene el valor más bajo y menos sostenible que los sistemas orgánico, mixto y convencional (Tabla 23), de acuerdo a la escala estratificada el valor IK de 2.15 califica como sostenibilidad crítica (rango de 2 a 2.99) por los bajos ingresos económicos, soporta condiciones económicas precarias y de subsistencia. Meza y Julca (2015), con una escala similar al estudio, determinó IK de 3.6 y de acuerdo al agrupamiento diferenciado (rango de 3.5 a 3.9), califica como una sostenibilidad económica intermedia, indican además que en escenarios mucho más favorables el sistema de producción tradicional puede ser estable. Los sistemas de mayor productividad son los orgánicos, mixto y convencional que en algunos casos superan las 3 t ha⁻¹ con ingresos mensuales que fluctúan entre USD 299.10 y USD 1496.71 (MINAGRI 2015a, Pinedo *et al.* 2017); entretanto, en sistemas tradicionales,

la productividad no alcanza la tonelada, lo que se traduce en menores ingresos mensuales (menos de USD 299.40). Al respecto, Mercado y Ubillus (2017), indican que la rentabilidad de la producción orgánica de quinua es mayor a la quinua producida en forma tradicional, debido a diferencias en el precio y el acceso al mercado, mientras que, los pequeños y medianos productores reciben un precio menor porque no acceden al mercado de los agricultores medianos y grandes que siembran con certificación orgánica y mayormente bajo contrato de las empresas que establecen el precio y manejan el registro de certificación de quinua orgánica.

Los sistemas orgánico, mixto y convencional tienen valores de IK mayor a 3, pero se encuentran en un nivel de sostenibilidad débil; por lo tanto, requieren incorporar tecnologías apropiadas para incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo. Asimismo, los sistemas antes indicados deben reducir al máximo los niveles de daño económico ocasionado por plagas, minorar los gastos en su control con el empleo de variedades de alta calidad y perfeccionar el manejo integrado del cultivo. Al respecto del uso de semilla de calidad, solo el 5.4 % de los productores de sistemas de producción orgánico y convencional usan semilla certificada, mientras que en sistemas tradicionales usan su propia semilla (Pinedo *et al.* 2017). El sistema tradicional, puede mejorar sus niveles de rentabilidad si adopta el uso semilla de alta calidad y con variedades que demanda el mercado. Pero esta condición perjudicaría al valor de su IA puesto que el modelo de producción tiende al monocultivo y la pérdida o desplazamiento de sus variedades nativas (Vargas *et al.* 2015).

En la Figura 24, el diagrama permite analizar los valores de los indicadores y comparar con una situación ideal de alcanzar el umbral máximo de sostenibilidad (Sarandón 2002). En el caso del indicador incidencia de plagas los 4 sistemas apenas superan el valor 3 y califican como sostenibilidad débil; lo ideal sería que los sistemas mixto y convencional con alta tecnología alcancen o se aproximen al valor 5. El principal factor que influye en la mayor incidencia de plagas en la producción orgánica, mixta y convencional es el monocultivo, en cambio sistemas de policultivos tradicionales hay mayor equilibrio por la presencia de insectos benéficos. Al respecto Sarandón y flores (2014) indican que los modelos de producción que practican el monocultivo con una sola especie y una sola verdad tienden al resurgimiento o aparición de nuevas plagas; en cambio, la diversidad vegetal aporta estabilidad en las poblaciones de insectos. En sistemas de monocultivo la presión de plagas es más alta que en sistemas diversificados (Medrano *et al.* 2011, Soto *et al.* 2012) y de no

ser controladas afecta el nivel de la rentabilidad del cultivo. En la zona de estudio Pinedo *et al.* (2017) señalan, que larvas del complejo *Eurysacca sp*, el mildiu (*Peronospora variabilis*), las palomas y los cernícalos son los más perjudiciales para el cultivo de quinua. Al respecto, Robles *et al.* (2003) el daño por las aves como la paloma rabiblanca (*Zenaida auriculata*) que pueden ocasionar pérdidas económicas hasta 60 % de la cosecha de quinua.

Dimensión ambiental

Los resultados del Indicador Ambiental (IA) (Tabla 23), para los cuatro sistemas muestran valores superiores a 3; siendo el sistema tradicional el más sostenible con IA de 4.19; lo que se debe a los valores de los indicadores de Conservación Vida del Suelo (CVS) y Riesgo de Erosión (RDE) con valores de 4.25 y 3.50, respectivamente fueron los más altos, lo que fue favorecido por la forma de preparación del suelo y la cobertura vegetal; mientras que en los demás sistemas los valores son menores.

En la figura 25, se observa que los indicadores críticos del sistema convencional, mixto y orgánico son la diversificación de cultivos por la práctica de monocultivo, la preparación del terreno por el uso intensivo de maquinaria, agrícola y la gestión de plagas con alta dependencia de agroquímicos en el sistema convencional, mientras que en el sistema orgánico usan biocidas. El sistema tradicional tiene los mejores valores que inclusive se acercan al umbral óptimo por el uso de materia orgánica y la rotación de cultivos, manejo de cobertura vegetal y la preparación de terreno con prácticas poco intensivas.

Los cuatro sistemas resultaron sostenibles en el IA, la producción orgánica, mixta y convencional tienen la condición de sostenibilidad débil, mientras que la producción tradicional con un valor de 4.19, califica como media. En un estudio de sostenibilidad ecológica de la producción agropecuaria tradicional de Carhuáz, Áncash, Perú, Barreto *et al.* (2015), empleando la misma escala de valoración, hallaron un IA de 3.03; mientras Meza y Julca (2015) un IA de 3.60, ambos valores fueron estratificados como sostenibilidad intermedia.

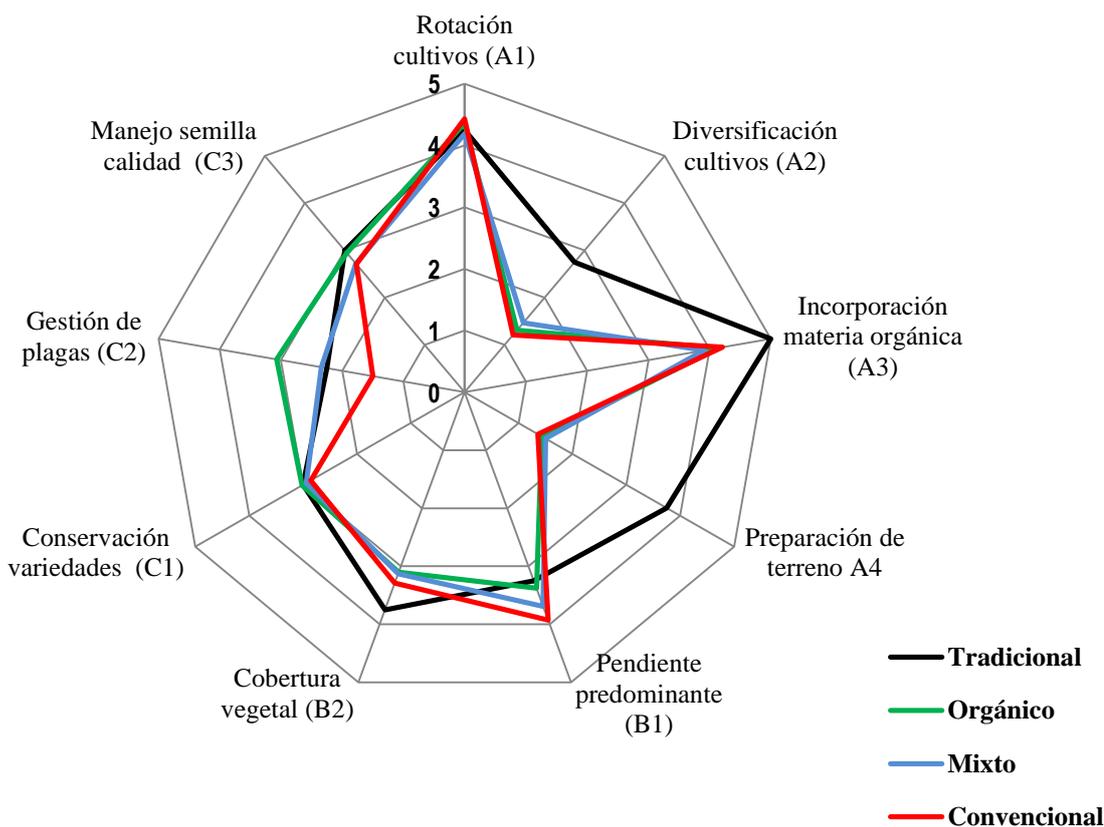


Figura 25: Diagrama con valores de indicadores de sostenibilidad ambiental de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho.

El valor del IA (4.19) de la producción tradicional se aproxima más a la situación ideal, sin embargo, un aspecto crítico por superar está relacionado al indicador de manejo de biodiversidad, cuyo valor de 2.75 refleja el desplazamiento y pérdida de ecotipos locales de quinua por la adopción de variedades mejoradas; al respecto, Vargas *et al.* (2015), indican que las políticas de fomento de cultivo y la demanda del mercado han desplazado las variedades nativas y los sistemas de producción diversificados hacia el monocultivo; afirmación corroborada por Pinedo *et al.* (2017) quienes en un estudio de caracterización de los sistemas de producción de quinua en Chiara, señalan una tendencia de pérdida de variedades locales en los sistemas tradicionales por el reemplazo con variedades de alta demanda en el mercado.

El manejo del recurso suelo es un factor crítico para todos los sistemas. En el indicador riesgo de erosión que comprende a los sub indicadores pendiente predominante y rotación de cultivos, los sistemas tradicionales, orgánicos, mixtos y convencionales tienen valores de 3.50, 3.24, 3.41 y 3.61 respectivamente, según indican Pinedo *et al.* (2017), la pendiente

predominante de los suelos en la zona de estudio varía de 5 a 30 %, lo que facilita el uso de intensivo de maquinaria agrícola en la preparación de suelos. Con respecto a la rotación de cultivos, el 39% de los productores tradicionales cambian de cultivo cada 1 o dos años, mientras que en sistemas convencionales solo el 15% rotan en ese periodo (Pinedo *et al.* 2017); referido a este punto el IICA (2015) indica que en sistemas orgánicos se realizan rotaciones cada año, debido a las normas técnicas y acuerdos con empresas exportadoras (IICA 2015), mientras que los sistemas convencionales con monocultivos pueden rotar cada tres años. Para los sistemas tradicionales, el cultivo de cabecera es la papa, siembran quinua y la parcela puede descansar de 1 a 3 años (Soto *et al.* 2012).

El empleo de materia orgánica es mayor en el sistema tradicional e tiene incidencia en el valor más alto alcanzado en el indicador de CVS, comparado con los otros sistemas que presentan valores intermedios; al respecto, Barreto *et al.* (2015) en la evaluación de sostenibilidad ecológica, refieren que el 53.1 % de los productores de producción agropecuaria tradicional de Carhuaz, consideran que la CVS se puede lograr mediante la aplicación periódica de materia orgánica.

Dimensión social

El indicador social (IS), en los cuatro sistemas presenta valores mayores a 3, lo que denota que son sostenibles. En el sistema tradicional el indicador de NIS es de 2.50, valor crítico que refleja los bajos niveles de organización y la escasa interacción participativa (cooperativas, asociaciones, organizaciones sociales) para emprendimientos comunes, que dificultan la adopción de tecnologías, encarece la adquisición de insumos, incrementa el costo de los créditos, disminuye el poder de negociación colectivos (Tabla 23).

De acuerdo con la percepción de los productores los sistemas que pueden mejorar la convivencia y equilibrio socioeconómicos son la producción tradicional, orgánica, mixta (Figura 26). Estos sistemas incorporan tecnologías tradicionales, son menos dependientes de insumos externos y viven en los centros poblados cerca a sus parcelas de producción; mientras que los productores convencionales emplean tecnología externa, contratan mano de obra fuera de la comunidad, en su gran mayoría son arrendatarios y viven en las ciudades.

El valor del IS es sostenible para los 4 sistemas de producción; sin embargo, por encontrarse en el rango de 3 a 3.99, tienen el estatus de sostenibilidad débil. El sistema tradicional en el indicador nivel de integración social (NIS = 2.50), presenta el punto más crítico debido al debilitamiento de su sistema organizativo. El IICA (2015), señala que en la zona altoandina del Perú, aproximadamente el 80 % de los productores desarrollan su actividad productiva en forma individual y el 20 % está asociado a alguna organización de productores. El sistema orgánico presenta el mejor valor de NIS, porque están organizados en función a un mercado de destino y supervisados por un organismo certificador acreditado que les da soporte permanente (Pinedo *et al.* 2017). Al respecto, Candelaria, *et al.* (2014), consideran que la dimensión social es prioritaria en el desarrollo de alternativas de sostenibilidad, con particular importancia en el proceso de organización de los productores como mecanismo para innovar los sistemas de producción, mediante la adopción, implementación y adecuación de tecnologías.

Tabla 23: Valor de los indicadores de sostenibilidad de producción de quinua, con el método de análisis multicriterio en las comunidades de Chiara, Ayacucho (n=92)

SISTEMA	RNT	INM	RIE	IK	CVS	RDE	MAB	IA	SNB	ASP	NIS	NAT	IS
Tradicional	2.67	1.25	2.00	2.15*	4.25	3.50	2.75	4.19**	3.50	3.75	2.50	3.25	3.30**
Orgánico	3.56	2.90	2.30	3.08**	3.75	3.24	3.01	3.44**	3.78	3.43	3.45	3.10	3.51**
Mixto	3.59	2.84	2.14	3.04**	3.69	3.41	2.67	3.36**	3.59	2.63	3.47	3.19	3.29**
Convencional	3.67	3.00	2.2	3.11**	3.74	3.61	2.36	3.36**	3.56	2.18	3.00	3.00	3.06**

* No sostenible, por tener valor < 3 ; ** Sostenible, por tener valor ≥ 3 . Indicador Económico (IK): Rentabilidad (RNT); Ingreso Neto Mensual (INM); Riesgo Económico (RIE). Indicador Ambiental (IA): Conservación Vida del Suelo (CVS); Riesgo de Erosión (RDE); Manejo de la Biodiversidad (MAB). Indicador Social (IS): Satisfacción de las Necesidades Básicas (SNB); aceptabilidad del sistema de producción (ASP); Nivel de asistencia técnica y capacitación (NAT).

En el diagrama de la Figura 26, en el indicador Nivel de Asistencia Técnica (NAT) de la producción tradicional muestra el mejor valor frente a los otros sistemas, pero esto no se ve reflejado en mejores condiciones socioeconómicas del productor de quinua. Si bien hay presencia del estado y entidades privadas los procesos de fortalecimiento de capacidades y metodologías utilizadas no se adecuan a los sistemas de producción tradicional, con la consecuente pérdida de los conocimientos y prácticas ancestrales locales. En cambio, en los sistemas orgánicos, mixto y convencional el escenario parece ser más favorable puesto que existe mayor atención al agricultor en aspectos técnico-productivos y comercialización por las instituciones proveedoras de asistencia técnica (IICA 2015, Mercado y Ubillus 2017).

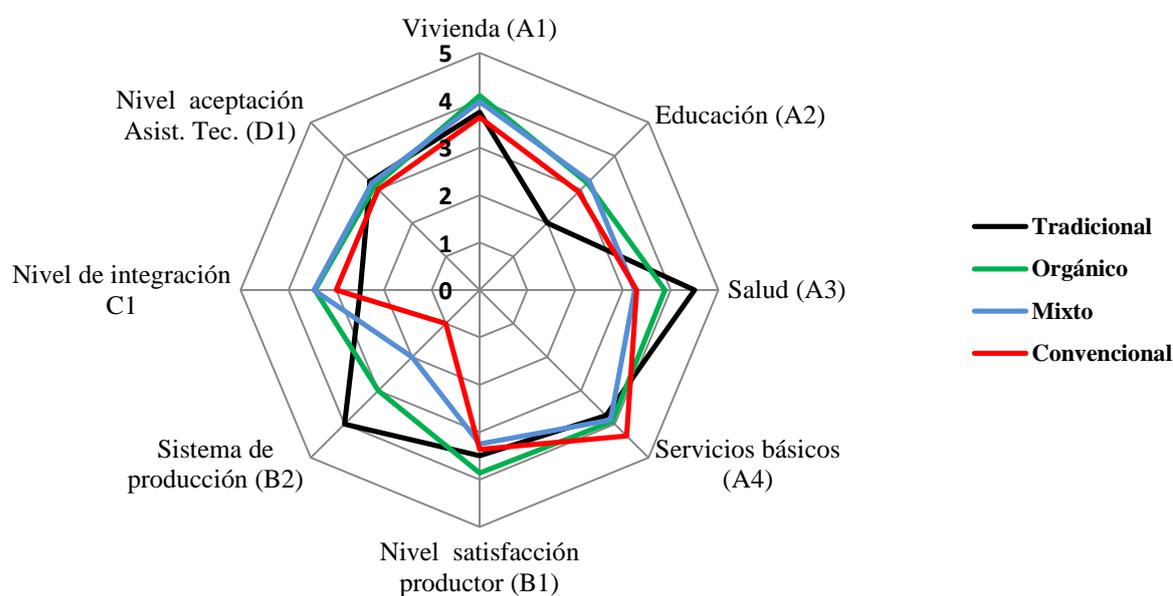


Figura 26: Diagrama valores de indicadores de sostenibilidad social de sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho.

Índice general de sostenibilidad (ISG)

Los cuatro sistemas de producción son sostenibles con valores de ISG iguales a 3.21, 3.34 y 3.23 y 3.18, respectivamente (Figura 27). Pero en el caso del sistema tradicional, al tener un IK menor a 3, no cumple el requisito de sostenibilidad de acuerdo a la propuesta de análisis multicriterio utilizado.

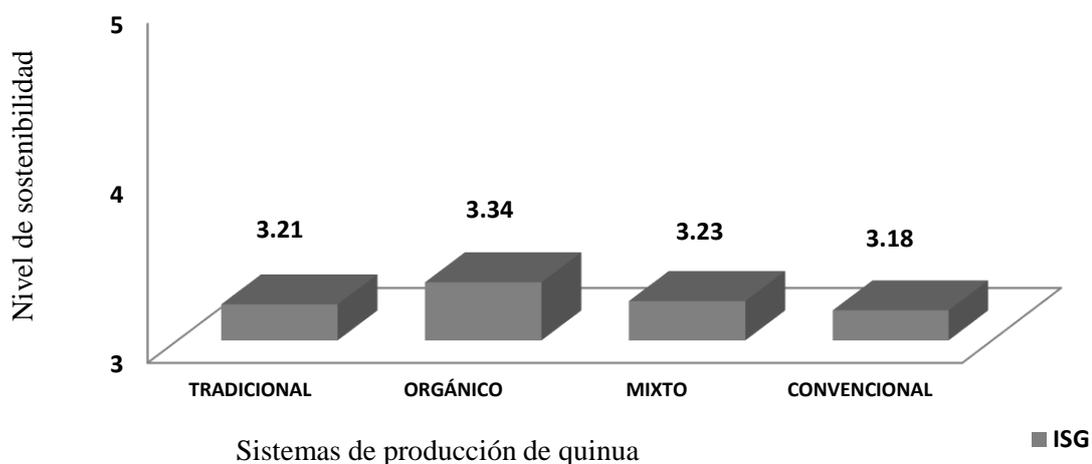


Figura 27: Índice de Sostenibilidad General (IGS) de los sistemas de producción de quinua de las comunidades de Chiara, Ayacucho.

Los resultados independientes de ISG (Figura 28) para los sistemas de producción orgánico, mixto y convencional tienen sostenibilidad débil, los valores de IK, IA e IS se encuentran apenas por encima del umbral mínimo aceptable de sostenibilidad, por lo que se requiere implementar medidas para mejorar su valoración, ya que cualquier adversidad en aspectos económicos, ambientales y sociales pueden afectar la sostenibilidad. El sistema tradicional tiene posibilidades de superar el umbral mínimo de sostenibilidad y posiblemente escalar hacia valores óptimos; pero requieren asistencia técnica y políticas que favorezcan su estabilidad.

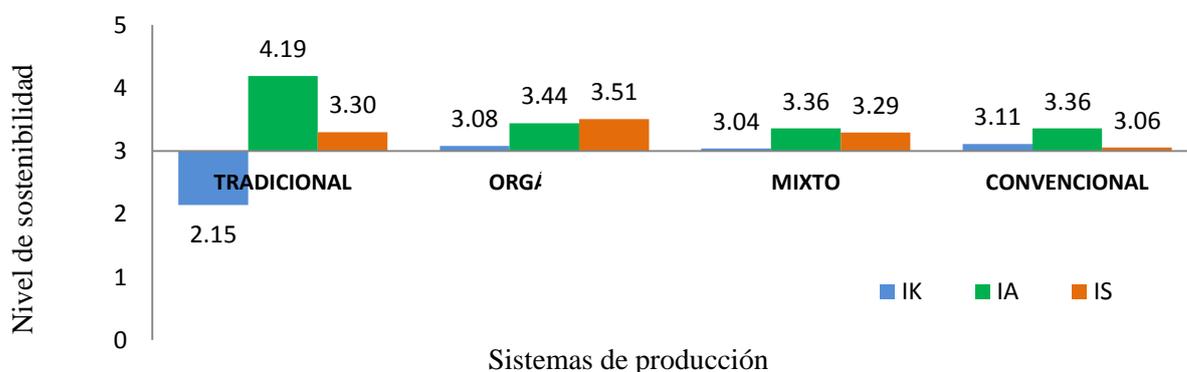


Figura 28, Indicadores de niveles de sostenibilidad, económica (IK), ambiental (IA) y social (IS) en los sistemas de producción de quinua en las comunidades de Chiara, Ayacucho.

Los cuatro sistemas de producción alcanzaron valores de ISG mayores a 3. Pero, para el caso del sistema tradicional, al tener un valor de IK menor a 3 (umbral mínimo), no es sostenible de acuerdo a la propuesta de análisis multicriterio de Sarandón (2002), además, debido a los bajos niveles de rentabilidad asociadas a la baja productividad y escasa capacidad de negociación colectiva su nivel de sostenibilidad es crítica. Al respecto Pinedo *et al.* (2017) encontró que en la zona de estudio solo el 4.35 % son productores tradicionales conservacionistas, pero, con bajos niveles de rentabilidad y NIS. Por más que alcanzaron indicadores sostenibles en el IK e IS el factor económico debilita completamente el sistema. Según Gómez *et al.* (2015) y Sarandón *et al.* (2006), un sistema de producción no es sostenible cuando uno de los indicadores tiene valores por debajo del umbral mínimo de sostenibilidad, porque la sostenibilidad integral, busca un equilibrio o niveles satisfactorios en las esferas económica, ecológica y social.

En el caso de los sistemas orgánico, mixto y convencional el ISG les confiere sostenibilidad pero en un estatus débil y que cualquier cambio como mercado, clima, financiamiento pueden afectarlos; por lo tanto, la tecnificación en agroecosistemas altoandinos no garantiza la producción estable a largo plazo.

La introducción de nuevos sistemas de producción de quinua en Chiara, Ayacucho, ha determinado cambios importantes en el manejo del cultivo tradicional de quinua. Estos se resumen en el mayor empleo de mecanización del cultivo en sus diferentes fases, en la reducción de superficie cultivada con variedades locales y el incremento de superficie de variedades preferidas en el mercado, mayor empleo de insumos agrícolas y el menor consumo de la quinua en alimento familiar. Todos los cambios señalados afectan en diversos grados la sostenibilidad del cultivo de la quinua. Esta afirmación es corroborada por Barrientos *et al.* (2017) y afirma que la introducción o el establecimiento de nuevos sistemas de producción no garantizan la sostenibilidad del cultivo de quinua en Bolivia. Por su parte, Vargas *et al.* (2015) indican que actualmente existe una elevada tendencia a la sustitución de modos de producción autóctonas por la transferencia de tecnologías modernas para la agricultura intensiva, favorecidas por las reglas del mercado, políticas y normas que ponen en riesgo sistemas de producción resilientes. Asimismo, Blandi *et al.* (2015) y Barrezueta (2015), afirman que la mayor tecnificación en los sistemas de producción conduce a sistemas menos sostenibles por el uso inadecuado de recursos no renovables, poniendo de manifiesto la debilidad de sistemas intensivos.

V. CONCLUSIONES

1. Caracterización de los sistemas y factores de producción

Se identificaron cuatro sistemas de producción de quinua, de los cuales los sistemas preponderantes son orgánicos y producción limpia; la producción convencional se ha relegado al tercer lugar mientras que, la producción tradicional al cuarto lugar.

Los sistemas de producción orgánica, mixto y convencional generan mayores ingresos al agricultor; sin embargo, se ha incrementado el uso de insumos externos orgánicos y sintéticos para el control de factores bióticos y la mecanización que puede tener efectos negativos en la sostenibilidad del cultivo de la quinua en el futuro.

2. Variables e indicadores para medir el grado de sostenibilidad de la producción de quinua

Se han definido diez indicadores y 24 sub-indicadores entre cualitativos y cuantitativos. Estos indicadores están estrechamente relacionados con los requisitos de la sostenibilidad porque son sensibles a un amplio rango de condiciones y de fácil recolección y uso confiables

3. Sostenibilidad del cultivo de quinua en sistemas productivos del distrito de Chiara – Ayacucho.

Los sistemas de producción orgánico, mixto y convencional son sostenibles, con valores mayores al umbral mínimo establecido. El sistema tradicional al presentar un valor igual a 2.15, en el indicador económico (IK), no alcanza tal condición, aun cuando posee valores mayores al umbral mínimo en los indicadores ambiental y social.

El sistema orgánico tiene mejores posibilidades de mantener el umbral mínimo de sostenibilidad, siempre que se mantengan o mejoren los factores evaluados. Los demás sistemas son más vulnerables debido a que los valores están muy cercanos al umbral mínimo y cualquier cambio negativo en los factores estudiados puede calificarlos como no sostenibles.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios de caracterización de sistemas de producción de cultivos andinos con énfasis en otras zonas de producción de quinua del departamento de Ayacucho, así como en otras zonas de valles interandinos para definir estrategias basadas en políticas públicas para la producción sostenible del cultivo de quinua.

Realizar estudios de evaluación de sostenibilidad del cultivo incorporando en el estudio la dimensión institucional.

Socializar los resultados de esta investigación y otras que se generen a partir de esta iniciativa involucrando la participación de autoridades que toman decisión para fomentar políticas públicas de producción sostenible de quinua

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham L., Alturria L., Fonzar A., Ceresa A., Arnés E. 2014. Propuesta de indicadores de sostenibilidad para la producción de vid en Mendoza, Argentina. FCA, Uncuyo. Argentina.
- Altieri M. 1999. Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo. 325 pp.
- Altieri M., Nicholls C. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Primera edición. PNUMA. D.F., México
- Angiosperm Phylogeny Group (APG III).2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society of London. 161: 105–121
- Apaza V., Delgado P. 2005. Manejo y mejoramiento de la quinua orgánica. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria INIEA. EEA Illpa Puno. 147 p.
- Apaza V., Estrada R., Cáceres G., Pinedo R. 2013. Catalogue of commercial varieties of quinoa in Peru. FAO. Lima, Perú. 71 p.
- Arnés E. 2011. Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa. Tesis Mag. Sc en Tecnología Agroambiental para una Agricultura Sostenible. Universidad Politécnica de Madrid. Nicaragua. 63 p.
- Astier M., Masera O., Galván-Miyoshi. 2008. Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidisciplinario. Valencia: Mundiprensa, Fundación. Instituto de Agricultura Ecológica Sustentable.

- Ayora L. 2015. Caracterización geoespacial de la cuenca media y baja del río Supe para identificar sistemas agrícolas prevalentes. *Aporte Santiaguino*. Vol. 2, N° 3. Huaraz: Universidad Santiago Antúnez de Mayolo. 39-65.
- BCRP (Banco Central de Reserva del Perú, PE). 2015. Caracterización del Departamento de Ayacucho. Departamento de Estudios Económicos. Sucursal Huancayo.
- BM/CIAT/CATIE (Banco Mundial; Centro de Investigación de Agricultura Tropical; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2014. Agricultura climáticamente inteligente en el Perú. Serie de Perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial.
- Barrantes M. 2006. Identificación y uso de variables e indicadores. Conceptos básicos. Disponible en <http://www.ips.or.cr/Publicaciones/Indicadores%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible.pdf>. Consultado el 8 de setiembre 2018.
- Barreto J., Julca A., Canto M. 2015. Sostenibilidad ecológica de la Producción Agropecuaria Tradicional de Carhuaz, Áncash, Perú. *Aporte santiaguino*. 8 (2): 219-228.
- Barrezueta S. 2015. Introducción a la sostenibilidad agraria: Con enfoque de sistemas e indicadores. Universidad Técnica De Machala. Primera edición. 69 p.
- Barrientos E., Carevic F., De-Latorre J. 2017. La sustentabilidad del altiplano sur de Bolivia y su relación con la ampliación de superficies de cultivo de quinua. *Idesia* 35: 7-15
- Benítez G., Alvarado G., Ortíz G., Sangabriel W., Lara A. 2016. Evaluación rápida de la sostenibilidad en la región de la laguna de Cuyutlán, Colima, México. *Interciencia* 41: 588-595.
- Blandi ML., Sarandón S.J., Flores C.C., Veiga I. 2015. Evaluación de la sustentabilidad de la incorporación del cultivo bajo cubierta en la horticultura platense. *Revista de la Facultad de Agronomía* 114: 251-264.
- Bolívar H. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *CICAG*. Vol. 8, N° 1. Zulia: Universidad Central de Venezuela. 1-18.

- Campos A., Cabrera P., Pérez C., Laura C. 2017. Tendencia del mercado y la producción de los productos orgánicos en el Perú. *Revista Investigación Altoandina*. 19: 427 – 431
- Campos E., Bravo R., Valdivia R., Soto J. 2012. Plagas insectiles en áreas de intensificación de quinua en Puno. *CienciAgro*. 2 (3): 379-390.
- CAN (Comunidad Andina de Naciones). 2011. *Agricultura Familiar Agroecológica Campesina En La Comunidad Andina. Una opción para mejorar la seguridad alimentaria y conservar la biodiversidad*. 92 p.
- Candelaria B., Ruiz O., Pérez P., Gallardo F., Vargas L., Martínez A., Flota-Bañuelos C. 2014. Sustentabilidad de los agroecosistemas de la microcuenca Paso de Ovejas 1. *Cuadernos de desarrollo rural*. 11: 87-104.
- CIMMYT (Centro Internacional del Maíz y Trigo, ME). 1993. *La adopción de tecnologías agrícolas: Guía para el diseño de encuestas*. México, D.F.: Programa de Economía del CIMMYT.
- Claverias R. 2000. Metodología para construir indicadores de impacto. *Boletín Agroecológico* 67: 1- 19.
- Constanza R., Daly H. 1992. Natural capital and sustainable development. *Conservation biology*. 6 (1): 37-46.
- Coras N. 2015. *Caracterización y eficiencia económica de los productores de quinua en el valle del Mantaro-Junín*. Tesis para optar el título de economista. UNALM, Lima, Perú. 99 p.
- Christensen S.A., Pratt D.B., Pratt C., Nelson P.T., Stevens M.R., Jellen E.N., Coleman C.E., Fairbanks D.J., Bonifacio A., Maughan P.J. 2007. Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genetic Resources* 5:82-95.

- DRAA (Dirección Regional Agraria Ayacucho). 2014. Series históricas de siembras y cosechas. <http://www.agroayacucho.gob.pe/estadisticas>. Consultado: 27 de diciembre de 2014.
- DRAA (Dirección Regional Agraria Ayacucho). 2015. Series históricas de siembras y cosechas. <http://www.agroayacucho.gob.pe/estadisticas>. Consultado: 30 de noviembre de 2015.
- DRAA (Dirección Regional Agraria Ayacucho). 2016. Series históricas de siembras y cosechas. <http://www.agroayacucho.gob.pe/estadisticas>. Consultado: 24 de diciembre de 2015.
- Escobar G., Berdegué J. 1990. Tipificación de sistemas de producción agrícola. Red Internacional de Metodología de Investigación de Sistemas de Producción. Santiago de Chile. 269 p.
- Espíndola G. 1986. Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico. Tesis M.Sc. Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación Rural de Ciencias Agrícolas. Chapingo, México. 101 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2001. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para agricultura sostenible y desarrollo rural. Roma, Italia.
- FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2011a. Quinoa: An ancient crop to contribute to world food security. Regional Office for Latin America and the Caribbean. 46 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2011b. Ahorrar para crecer. Guía para los responsables de las políticas de intensificación sostenible de la producción agrícola en pequeña escala (ISPA). Roma, Italia.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2013. Estado de arte de la quinua en el 2013.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014a. Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua. Santiago de Chile. 46p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014b. Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches. Roma, Italia. 48 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014c. Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política. Salcedo, S.; De la O, AP., Guzmán, L: Vol I: el concepto y relevancia de la agricultura familiar en America Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2015. Agenda de desarrollo sostenible post-2015. Informe temático
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2016. Quinoa Manejo integrado de plagas. Estrategias en el cultivo de la quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina. 189 p.
- Flores C., Sarandón S. 2004. Limitations of neoclassical economics for evaluating sustainability of agricultural systems: Comparing organic and conventional systems. *Journal of Sustainable agricultura*. 24 (2): 77-91.
- Flores C., Sarandón S. 2006. Desarrollo de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de agro - ecosistemas a escala regional. *Revista Brasileira de Agroecología*. 1 (1): 353-356
- Fonte S., Vanek S. 2010. Explorando Opciones Agroecológicas para el Manejo de la Fertilidad del Suelo en Sistemas de Agricultura en pequeña escala de las Zonas Alto-andinas. Informe y Recomendaciones para la Fundación McKnight. Programa de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia.
- Gómez L.F., Ríos-Osorio L.A., Eschenhagen M.L. 2015. Sostenibilidad en agroecología. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica* 18: 329 – 337.

- Gómez L., Eguiluz A. 2011. Catálogo del banco de germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). 1 ed. Universidad Agraria la Molina. Lima, Perú. 183 p.
- Gómez L., Aguilar E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. 2 ed. FAO, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 121 p.
- González J.A., 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: 62-77.
- GOREA (Gobierno Regional de Ayacucho). 2012. Informe Temático Zonas de Vida, Ayacucho. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente. 58 p.
- Guerrero L. 2001. Manual para hacer agricultura ecológica. Editorial CAJAMAR. Almería, España. 169 p.
- Izarra T., López F.M. 2012. Manual de Observaciones Fenológicas. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Competitividad Agraria. Ministerio del Ambiente Servicio de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. Dirección General de Agrometeorología. 98 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2015. Estudio: El mercado y la producción de quinua en el Perú. Lima. 172 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2013. Resultados definitivos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima, Perú. 62 p.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2002. Guía para la aplicación del análisis multivariado a las encuestas de hogares. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. Lima, Perú. 63 p.
- Kolmans E., Vásquez D. 1999. Manual de agricultura Ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. La Habana: Segunda Edición. Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF. 148 p.

- Kuik J., Gilbert J. 1999. Indicators of sustainable development. En: van der Bergh, J.C.J.M. (ed.) Handbook of environmental and resource economics. Edward Elgar, Cheltenham (UK), pp. 722-730.
- Lammerts V., Bueren F., Blom F. 1997. Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards: Principles, criteria and indicators. Tropenbos Foundation, Wageningen (The Netherlands). 82 p.
- Leal N. 2007. Contribución al estudio de los sistemas de producción campesinos del Municipio de Ocaña. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Maestría En Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia.
- Lescano J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Waru Waru, Convenio INADE/PELT - COTESU. 459 p.
- Luján C., Olivas J., Magaña J. 2001. Evaluación Estratégica del Desarrollo Sustentable en el área de influencia del Bosque Modelo Chihuahua. Reporte técnico. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales.
- Maletta H. 2017. La pequeña agricultura familiar en el Perú. Una tipología microrregionalizada. En IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas. Libro V. Lima, FAO.
- Márquez F., Julca A. 2015. Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba. Saber y Hacer. Vol. 2, N° 1. Lima: Facultad de Ingeniería, Universidad San Ignacio de Loyola. 128-137.
- Márquez F. 2015. Sustentabilidad de la caficultura orgánica en la convención Cusco. Tesis presentada para optar el grado de Doctoris Philosophiae en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima – Perú. 122 p.
- Martínez C.J., Ríos M., Castillo M., Cruz B.C., Ruiz A. 2014. Indicadores socioeconómicos y ambientales de sustentabilidad en agroecosistemas de México. Una Revisión de literatura. Naturaleza y Desarrollo 12: 12-32.

- Masera O., Astier M., López-Ridaura S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. GIRA.A.C. México. 109 p.
- Medrano A.M., Torrico J.C., Fortanelli J. 2011. Análisis de la sostenibilidad de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el intersalar boliviano. *CienciAgro*. 2: 303-312
- Medrano A., Torrico J. 2015. Consecuencias del incremento de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en el Altiplano Sur de Bolivia. *CienciAgro*. 1(1):29-34.
- Mercado W., Ubillus K. 2017. Characterization of producers and quinoa supply chains in the Peruvian regions of Puno and Junin. *Scientia Agropecuaria* 8: 251 – 265
- Merma I., Julca A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada*. 11(1). Lima: 1-11.
- 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.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2013. Cadena agroproductiva de la quinua. Dirección General de Competitividad Agraria. 1ra Edición. Lima, Perú.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2014. Dirección General de Seguimiento y Evacuación de Políticas - Dirección de Estadística Agraria.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2015a. Quinoa peruana, situación actual y perspectivas en el mercado nacional e internacional. Lima, Perú. 67 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2015b. Plan Estratégico Sectorial Multianual (PESEM 2015-2021). Oficina General de Planeamiento y Presupuesto. Lima, Perú.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2015c. Estrategia Nacional de Agricultura Familiar 2015 – 2021. AGRORURAL. Dirección de Desarrollo Agrario. Lima, Perú. 123 p.

- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2017. LA Quinoa, Producción y comercio del Perú. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Perfil Técnico N° 2.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, PE). 2018. Nota Técnica de Granos Andinos Dirección General de Políticas Agrarias - DGPA.
- MINAM (Ministerio del Ambiente, PE). 2010. El Perú y el Cambio Climático. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático 2010. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.
- Mujica A., Jacobsen S. 2006. La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales. La Paz, Bolivia.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). 2015. Sustainable Development Goals Full report of the Open Working Group of the General Assembly on is issued as document A/68/970, available at <http://undocs.org/A/68/970>.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). 1993. Core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the state of environment. Environment monographs. París. 83p.
- PER/CEPAL (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos/ Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2016. Evaluaciones del desempeño ambiental PERÚ. Aspectos destacados recomendaciones. Santiago. 73 p.
- Pinedo R., Gómez L., Julca O. 2017. Caracterización de sistemas de producción de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el distrito de Chiara, Ayacucho. Aporte santiaguino. 10 (2): 351-364.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2010. Propuesta de metodología para la definición y estandarización de criterios e indicadores. “Consultoría Manejo Forestal Sostenible y Comunidad” Misiones Argentina.
- Reganold J., Wachter J. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Nature Plants. DOI: 10.1038/NPLANTS.2015.221. (2) 2: 15221

- Robles J., Jacobsen S.E., Rasmussen C., Otazu V., Mandujano J. 2003. Plagas de aves en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y medidas de control en el Perú central. *Revista Entomológica del Perú*. 43: 147-151
- Ruas P., Bonifacio A., Ruas C., Fairbanks D., Andersen W. 1999. Genetic relationship among 19 accessions of six species *Chenopodium* L., by Random Amplified Polymorphic DNA fragments (RAPD). *Euphytica* 105:25–32.
- Sánchez G. 2009. Análisis de la sostenibilidad agraria mediante indicadores sintéticos: aplicación empírica para sistemas agrarios de Castilla y León. Madrid: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
- Sarandón S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En *Agroecología: El Camino hacia una agricultura sustentable*. La Plata: Ediciones Científicas Americanas (ECA). 393-414.
- Sarandón S., Zuluaga M., Cieza R., Gómez C., Janjetic L., Negrete E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas en fincas de Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*. 1: 19-28.
- Sarandón S., Flores C. 2009. Evaluación de la Sustentabilidad en Agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología*. 4: 19-28.
- Sarandón S.J., Flores C. 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Argentina. 466 p.
- Saravia R., Quispe R. 2006. Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. In *Modulo 2: Manejo Agronómico de la quinua orgánica*. Ed. Fundación PROINPA. 53-86.
- Sauvenier X., Valckz J., van Cauwenbergh N., Wauters E., Bachev H., Biala K., Biielders C., Brouckaert V., Garcia Ciudad V., Goyens S., Hermly M., Mathijs E., Muys B., Vanclooster M., Peeters A. 2006. Framework for Assessing Sustainability Levels in Belgian Agricultural Systems – SAFE. Part 1. Sustainable and Consumption Patterns. Final report- SPSD II CP 28. Belgian Science Policy. Brussels.

- Scheaffer R., Mendenhall W., Ott L. 1987. Elementary Survey Sampling. 5th edition. Boston: Duxbury Press, Belmont Publishing. 464 p.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria, PE). 2014. Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para el Cultivo de Quinoa. <https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2014/12/GUIA-BPA-QUINUA.pdf>. [Consulta: 5- 09-2014].
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, PE). 2009. Climate Scenarios for Peru to 2030: Second National Communication on Climate Change. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima, Perú. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe/?p=1604> (Consultado el 10 de mayo de 2014).
- Smyth A.J., Dumansky J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. Canadian Journal of Soil Science. 75: 401 – 406.
- Soto G. 2003. Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Primera edición. FIDA, RUTA, CATIE, FAO. Turrialba, Costa Rica. 109 p.
- Soto J., Valdivia E., Valdivia R., Cuadros A., Bravo R. 2012. Descripción de sistemas de rotación de cultivos en parcelas de producción de quinoa en cuatro zonas (siete distritos) del altiplano peruano. CienciAgro. 2 (3): 391-402.
- Stephan K. 2015. What is the agriculture sustainable? Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
- Tapia M. 1997. Cultivos Andinos Sub Explotados y su Aporte a la Alimentación. Segunda edición. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Chile. 157 p.
- Tapia M., Canahua A., Ignacio S. 2014. Razas de Quinoa del Perú. ANPE, Perú y CONCYTEC. Lima Perú. 173 p.
- Toro E. 1971. Estudio de especies y variedades de Quinoa en el Perú. Revista de la Universidad Nacional del Altiplano: 4.

- Van Cauwenbergh N., Biala K., Biolders C., Brouckaert V., Franchois L., Ciudad V., Hermy M., Mathijs E., Muys B., Reinjnders J., Sauvenier X., Valckz J., Vanclooster M., van Der Veken B., Wauters E., Peeters A. 2007. SAFE- a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 120 (2, 4): 229-242.
- Vargas D., Martí L., Vargas W., Vargas R. 2015. Agrobiodiversidad y economía de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en comunidades aymaras de la cuenca del Titicaca. *Revista Idesia* 33: 81-87
- Volke H., Sepúlveda G. 1987. *Agricultura de subsistencia y desarrollo rural*. Primera edición. Editorial Trillas. México. D.F.
- Wilson H. 1990. Quinoa and Relatives. *Economic Botany*. 44: 92-110.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ficha de encuesta del agricultor

Nombres y apellidos del agricultor: _____	
Fecha de Nacimiento: _____ D.N.I _____	
Dirección (Anexo, zona, centro poblado, Caserío):.....	
INFORMACIÓN DE LA PARCELA:	
Nombre de la parcela Principal: _____ Altitud _____msnm	
Sector: _____ Cuenca: _____	
Número de parcelas: _____ Organización a la que pertenece: _____	
1.- Responsable de la parcela: Género: Hombre () Mujer ()	
2.- Edad del responsable de la parcela (años) _____ años	
3.- Nivel de instrucción del responsable de la parcela: Ninguno (); Inicial (); Primaria (); Secundaria () Técnico () 4 Universitario (); Maestría (); Otro ()	
4.- Número de personas que viven en el hogar Total familia _____	
5.- Mano de obra: Solo Familiar: _____, Ayuda mutua vecinal: _____ Contratados: _____	
6.- En su casa usted tiene (Servicios): Agua potable () Luz () Desagüe () Teléfono () Otros ()	
7.- Donde reside el responsable de la parcela: Chacra () Centro poblado () Ciudad ()	
8.- Estado de Vivienda: Material noble, muy buena (); Material adobe, buena (); Adobe regular, piso de tierra(); Adobe sin terminar o deteriorada(); Choza, sin terminar, deteriorada, ()	
9.- En su pueblo usted tiene: Escuela () Colegio () Posta Médica () Cuenta con seguro médico _____ No = 0 Si = 1	

10.- Acceso a Centro de salud y cobertura sanitaria: <ul style="list-style-type: none"> • Con médicos permanentes infraestructura adecuada () ; • Con personal temporal medianamente equipado() ; • Mal equipado y personal temporario () ; • Mal equipado y sin personal idóneo () ; • Sin personal () <p style="text-align: right;">Distancia de su casa a la posta ____ km</p>	
11.- Número de hectáreas en propiedad o posesión	
12.- Tiene título de propiedad: () No = 0 Si = 1	
13.- Pertenece o participa en una organización de: Productores () Cooperativa () Deportiva () Religiosa () Otra () No = 0 Si = 1	
14.- Integración social. Relación con otros miembros de la comunidad: Muy alta () ; Alta () Media () ; Baja () ; Nula ()	
15.- Sistema de producción de quinua actual que practica (marcar con un aspa): <ul style="list-style-type: none"> • Sistema Tradicional () ; • Sistema Orgánico () ; • Sistema Producción limpia-Mixta () ; • Sistema Convencional , con agroquímicos () Colocar 1 al sistema más importante que practica y así sucesivamente 	
16.- Aceptabilidad del sistema de producción actual. Nivel de satisfacción del productor <ul style="list-style-type: none"> • Está muy contento con lo que hace. No haría otra actividad aunque ésta le reporte más ingresos() ; • Está contento, pero antes le iba mucho mejor() ; • No está del todo satisfecho. Se queda porque es lo único que sabe hacer () ; • Poco satisfecho con esta forma de vida. Anhela vivir en la ciudad y ocuparse de otra actividad() ; • Está desilusionado con la vida que lleva, no lo haría más. Está esperando que se le presente una oportunidad para dejar la actividad () 	

- 17.- Que cambios observa en el paisaje natural de la comunidad (Marcar con un aspa)**
- La comunidad se mantiene igual con sus bosques naturales, riachuelos, pastizales ()
 - La comunidad ha cambiado muy poco, pero se debe realizar prácticas conservacionistas para mantener las fuentes de agua, la vegetación natural y bosques ()
 - La comunidad cambió mucho, construcción de viviendas en tierras de cultivo, ha desaparecido casi la mitad de pastizales con vegetación natural y bosques ()
 - Cambió totalmente ya no existe el paisaje natural de hace años(),
 - No importa los cambios lo más importante es tener mayores ingresos.

18.- Desde que inició a sembrar quinua y otros cultivos como ha evolucionado en los últimos 5 años

Cultivos	Año de inicio del cultivo	Evolución de la producción de cada cultivo desde los últimos 5 años			
Quinua		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Papa		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Haba		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Tarwi		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Maíz		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Cebada		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Oca, olluco		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Forrajes		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono
Otros cultivos		O Aumento	O Disminución	O Mantenida	O Abandono

19.- Distribución actual de cultivos por parcela:

Nombres de los lotes	Total ha	Superficie Agrícola (ha)				
		Quinua	Papa	Cebada	Haba	Otros
1.-						
2.-						
3.-						
4.-						
Total (ha)						

21Consumo diario familiar de quinua: Todos los días de la semana (); 4 a 5 días a la semana () 2 a 3 días por semana (); 1 vez por semana (); solo ocasionalmente una vez al mes ().

22.- Distribución del cultivo quinua variedades/parcela:

Variedades quinua	Total (ha)	Sistema de producción			Tipo de siembra		Intención de siembra (ha) Campaña 2016/17
		orgánico (has)	Convencional (ha)	Producción limpia (ha)	En surcos	Al voleo	
1.-							
2.-							
3.-							
4.-							

Total (ha)							
23.- Cosecha: Tradicional..... Manual..... Mecanizado.....							
24.-Maquinaria y Equipos utilizados para arado, cosecha, Trilla y otras actividades							
Tipo de herramienta, maquinaria, equipo	Propia	Alquilada	Est	ado			
Tractor agrícola y equipos (arado discos, surcadora)							
Trilladora							
Zaranda manual							
Mochila manual							
25.- Rendimiento: cultivo Quinua (t.ha⁻¹) _____ cultivo papa (t.ha⁻¹): _____ otro t.ha⁻¹ 1 _____							
26.- Costo total de producción de su cultivo de quinua – campaña 2015/16 (S/.) _____							
27.- Cría animales : Si () 1 No () 0							
	N° de animales						
• Vacunos	_____	_____					
• Ovinos	_____	_____					
• Gallinas	_____	_____					
• Cerdos:	_____	_____					
• Patos:	_____	_____					
• Cuyes:	_____	_____					
• Otros:	_____	_____					
28.- Tiene otra actividad económica, además de la agricultura y crianza de animales: Si () 1 No () 0							
29.- Si realiza otra actividad (además de agricultura y crianza de animales), esta es: Artesanía () Minería () Pesca () Comercio () Otro ()							
30.- Ingreso económico en la campaña 2015/2016 (S/.) Ingreso total por su cultivo de quinua: _____ Ingreso por otros cultivos: _____ Ingreso por ganadería: _____ Ingreso por otras actividades: _____							
31.- La calidad de su producto (quinua) lo define por: Tamaño () Color () Forma () Presentación ()							
32.- Donde vende su producto: Chacra () Cooperativa () Comerciante local ()) Lima () Empresa Exportadora () Otro ()							

<p>33.-Destino de la producción de quinua: 100% Autoconsumo () ; 50% autoconsumo y 50% venta () ; 20% autoconsumo y 80% venta () ; Separa sólo semilla y todo el resto para la venta () ; 100% venta ()</p>						
<p>34.- Precio de venta de producto principal en la última campaña (S/. x kg)</p>						
<p>35 .- dependencia compra de insumos para la producción de quinua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ninguna, utiliza todos sus recursos de su chacra() ; • Bajo, solo compra lo necesario- semilla-, el resto es de su propia chacra () ; • Medio, compra casi la mitad, gallinaza y otros () • Alta, compra el 80% de sus insumos para cada campaña () • Muy Alta, compra el 100% (Semillas, abonos, fertilizantes y otros) () 						
<p>36.- Para producir usted usa: Fertilizantes () Gallinaza () Guano de isla () ; Insecticidas () ; Fungicidas () ; Herbicidas () ; Otros _____</p>						
<p>37.- Procesa su producto: Si ()1 No ()0 si la respuesta es sí indicar %.....</p>						
<p>38.- Recibe capacitación en producción agrícola: Si ()1 No ()0</p>						
<p>39.- De quien recibe capacitación: Ministerio Agricultura () ONG () Firmas comerciales () Organización productores () Otros _____</p> <p style="text-align: center;">No = 0 Si = 1</p>						
<p>40.- En que temas de producción agrícola ha recibido capacitación:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Semillas ()</td> <td style="width: 50%;">Fertilización ()</td> </tr> <tr> <td>Producción de Compost ()</td> <td>Control de plagas ()</td> </tr> <tr> <td>Cosecha y Beneficio ()</td> <td>Comercialización ()</td> </tr> </table> <p>Otro: _____</p>	Semillas ()	Fertilización ()	Producción de Compost ()	Control de plagas ()	Cosecha y Beneficio ()	Comercialización ()
Semillas ()	Fertilización ()					
Producción de Compost ()	Control de plagas ()					
Cosecha y Beneficio ()	Comercialización ()					
<p>41.- En que temas de producción agrícola le gustaría ser capacitado:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Producción y uso de semillas de calidad ()</td> <td style="width: 50%;">Manejo y Fertilización de suelos ()</td> </tr> <tr> <td>Producción orgánica ()</td> <td>Control de plagas y enfermedades ()</td> </tr> <tr> <td>Cosecha y Beneficio ()</td> <td>Comercialización ()</td> </tr> </table> <p>Otro: _____</p>	Producción y uso de semillas de calidad ()	Manejo y Fertilización de suelos ()	Producción orgánica ()	Control de plagas y enfermedades ()	Cosecha y Beneficio ()	Comercialización ()
Producción y uso de semillas de calidad ()	Manejo y Fertilización de suelos ()					
Producción orgánica ()	Control de plagas y enfermedades ()					
Cosecha y Beneficio ()	Comercialización ()					
<p>42- Rotación de cultivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rota cada año con un cultivo diferente () • Rota cada dos años con un cultivo diferente () • Repite el mismo cultivo por hasta 3 campañas (Rota cada 3 años) () 						

<ul style="list-style-type: none"> • Repite el mismo cultivo hasta 4 campañas. Realiza rotaciones eventualmente () • No realiza rotaciones. No deja descansar el suelo() <p style="text-align: right;">Marcar con un aspa la opción seleccionada</p>
<p>43- Diversificación de cultivos en la parcela.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Totalmente diversificado, más de 5 cultivos por parcela(); • Hasta 4 cultivos asociados por parcela (); • hasta tres cultivos asociados (); • Dos cultivos con muy bajo nivel de asociación (); • Monocultivo () <p style="text-align: right;">Marcar con un aspa la opción seleccionada</p>
<p>44.- Incorporación de materia orgánica/ha hasta 10 t.ha⁻¹ () ; hasta 5 .ha⁻¹ () hasta 3 .ha⁻¹ () hasta 2 .ha⁻¹ () hasta 1 .ha⁻¹ () ; no incorpora materia orgánica ()</p>
<p>45 .- Preparación de terreno para la producción de quinua:</p> <ul style="list-style-type: none"> • labranza mínima manual () ; • Labranza: barbecho, desterronado, manual () • Preparación solo con Yunta () • Preparación con tractor , rastra una pasada () • Preparación con tractor rastra y surcado más de dos pasadas ()
<p>46- Pendiente predominante de la parcela. 0 al 5 % () ; 5 al 15 % () ; 15 al 30 % () ; 30 al 45 % () ; Mayor a 45 % ()</p>
<p>47- Cobertura vegetal de la parcela: Tiempo de cobertura</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muy buena, Cobertura total durante todo el año (cultivo + vegetación natural y rastrojos () • Buena; Cobertura durante los meses de producción del cultivo y en el periodo de descanso parcialmente solo con rastrojos () • Regular; Cobertura parcial, solo durante los meses de producción del cultivo () • Mala, Sin cobertura vegetal durante todo el año
<p>48.- Tecnologías de producción: ¿En qué etapa del cultivo requiere mejoras tecnológicas para reducir costos, afectar menos al medio ambiente y tener mayor ingreso familiar?: Preparación del terreno () ; siembra () ; control de malezas () ; Control de plagas () ; Cosecha () ; Procesamiento () ; Comercialización ()</p> <p>Comience con el N° 1 y así sucesivamente en orden de importancia</p>

49.-- Conservación de variedades locales de quinua: Mayor a 10 variedades () ; De 5 a 9 Var.() ; de 2 a 3 variedades() ; 1 variedad() ; Ninguna()

50.- Control de plagas:
 Ninguna medida de control () ;
 Uso de biosidas naturales (preparados de extractos vegetales, caldo bórdales, otros () ;
 Biosidas industriales () ;
 Varias prácticas de control, Manejo Integrado de Plagas (MIP) () ;
 Solo Control químico()

51.- Incidencia de principales plagas en su cultivo de quinua		Incidencia de daño		
Plagas/especies de la quinua	Medidas de prevención y/o control	Fuerte	Medio	Bajo
Malezas: Especies predominantes	Formas de control			

52.- Manejo de semilla de quinua: () Siembra con semilla certificada; () Semilla no certificada;
 () Semilla propia seleccionada; () Semilla de mercado local; (1) semilla de origen desconocido

53.- Que factores crees que en tu comunidad está causando contaminación de tus recursos naturales y afectando tu agrobiodiversidad?
 Los fertilizantes () Las carreteras y paso de vehículos ()
 Los plaguicidas () El plástico de las ciudades ()
 Construcción de viviendas () Minería ()
 Otros: _____

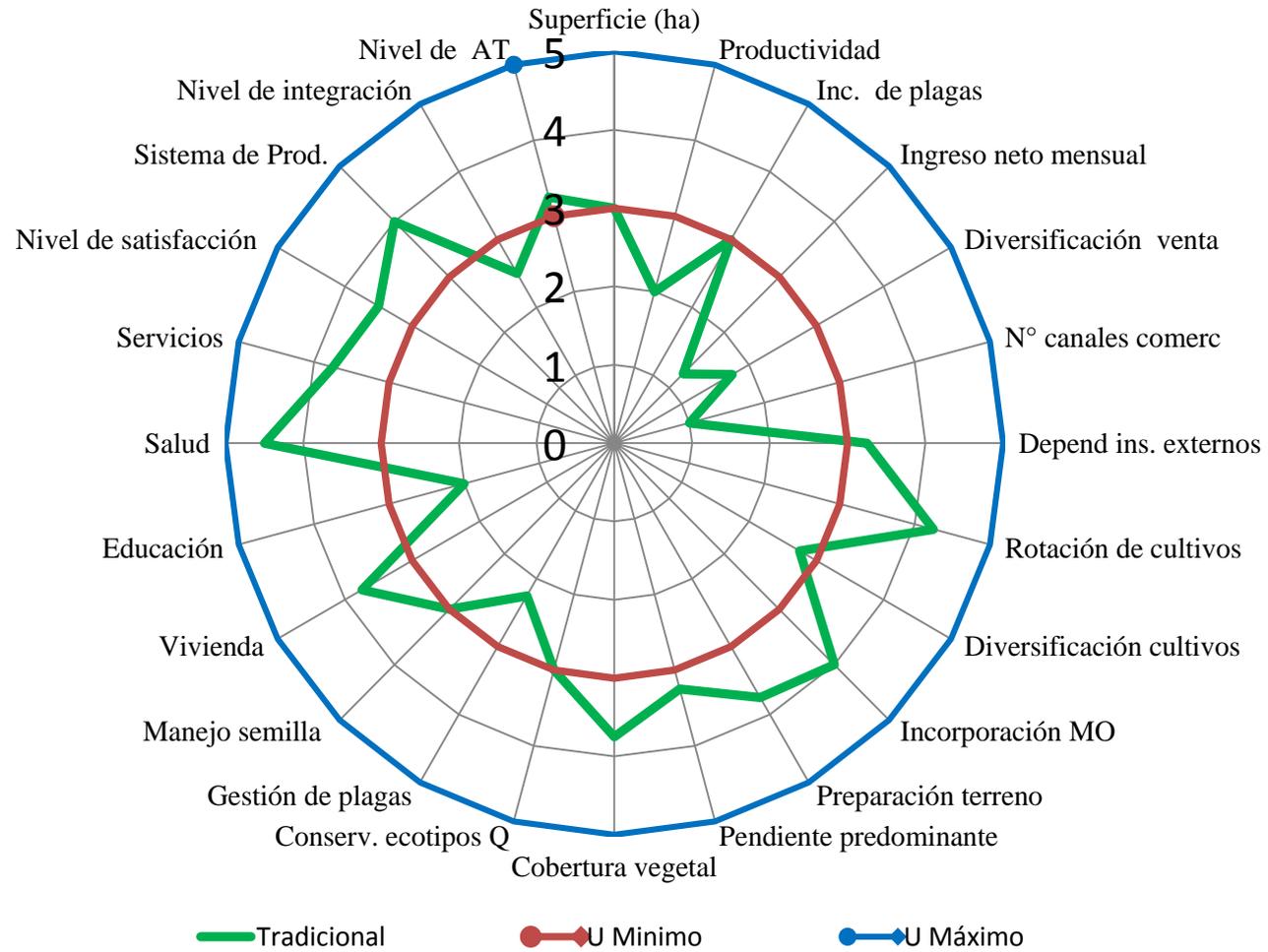
54.- ¿Que hace con los envases y plásticos vacíos de los agroquímicos?:
 () La entierra en huecos
 () La quema
 () Permanece abandonado
 () Pozo o Basurero Inorgánico

55.- Cuáles son los eventos climáticos adversos más frecuentes: Granizadas () ; heladas () ; Inundaciones () ; Sequías () ; Vientos huracanados () ; lluvias intensas () ; Días de calor intenso () ; Otros _____

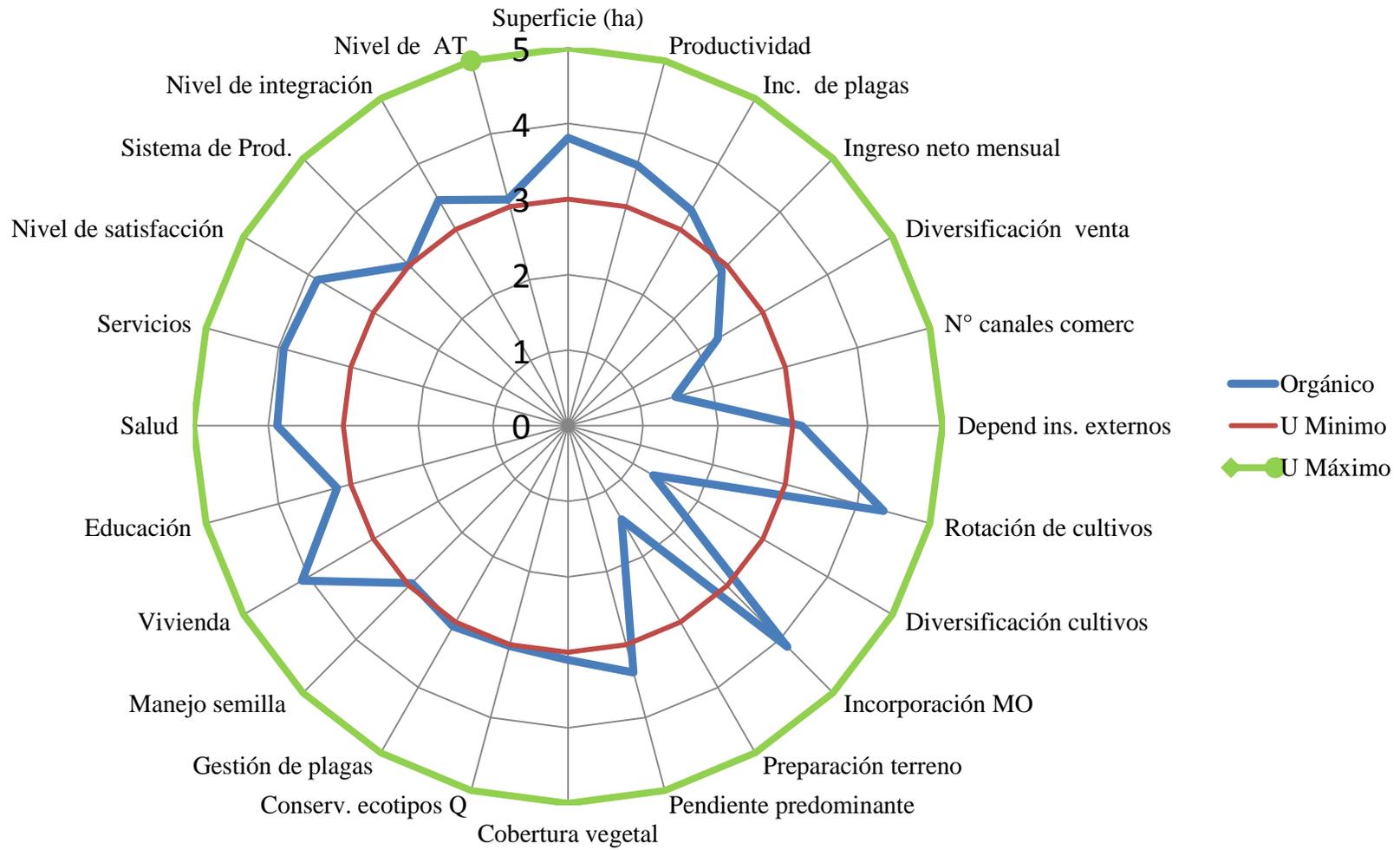
f) HISTORIAL DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA:

Variedad	Producción por Campañas (t.ha⁻¹)		
	2013	2014	2015

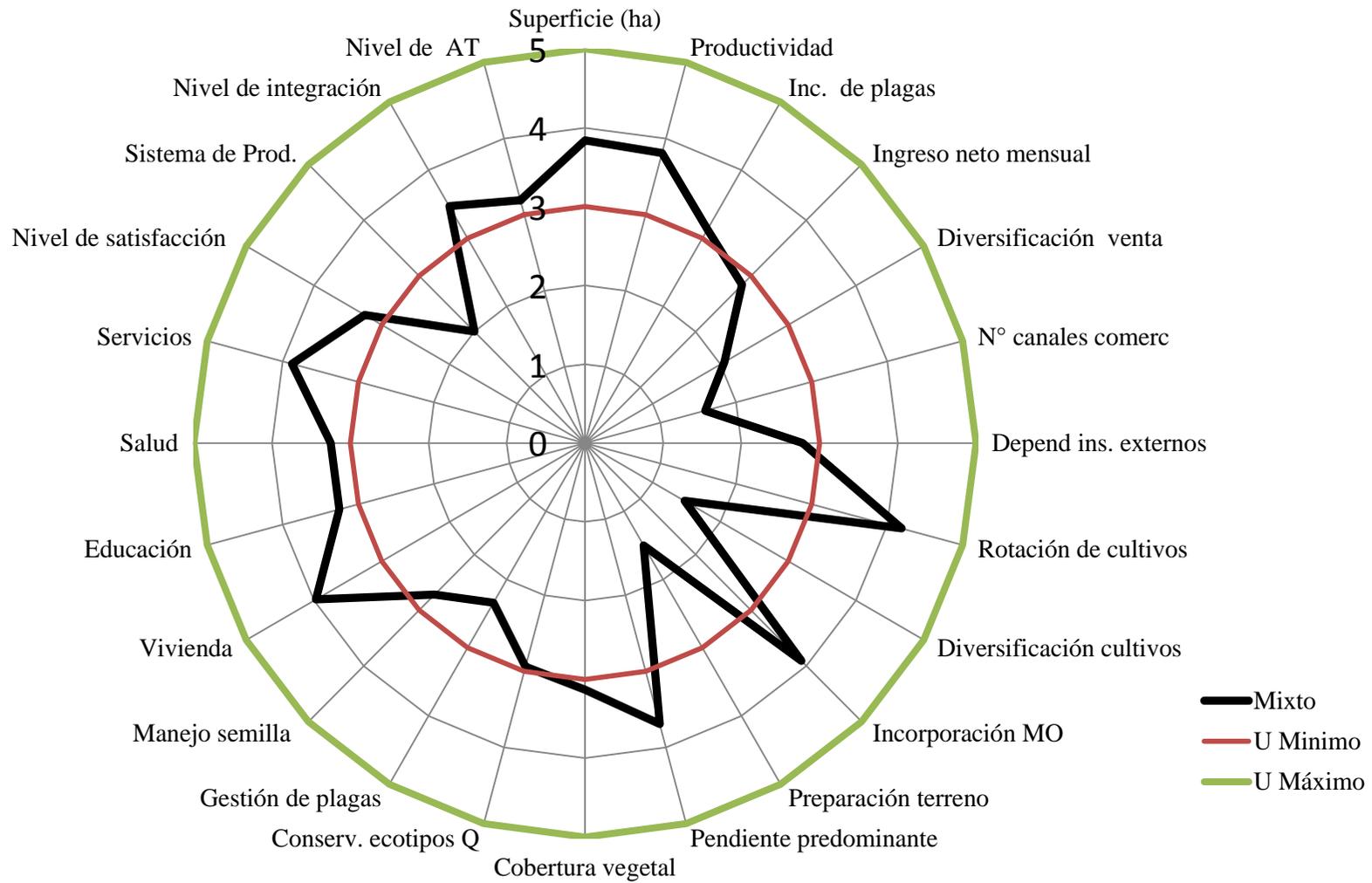
Anexo 2. Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción tradicional



Anexo 3. Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción orgánico



Anexo 4. Diagrama tipo ameba de indicadores del sistema de producción Mixto



Anexo 5. Diagrama tipo ameba sistema de indicadores del sistema de producción convencional

