

Indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en Chiara, Ayacucho

Quinoa production systems sustainability indicators in Chiara, Ayacucho

REMBER PINEDO TACO¹, LUZ GÓMEZ PANDO¹ Y ALBERTO JULCA OTINIANO¹

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue definir, jerarquizar y caracterizar indicadores cualitativos y cuantitativos asociados a aspectos económicos, ambientales y sociales para medir el grado de la producción sustentable de quinua en tres comunidades del distrito de Chiara, Ayacucho. Las variables e indicadores fueron definidos en base a una propuesta metodológica de análisis multivariado, considerando aspectos críticos relacionados con la actividad de producción de quinua y su sostenibilidad. La pertinencia de los indicadores, forma de medir en campo, ponderación y su estructura, fueron validados en dos talleres por expertos, líderes de organizaciones y productores presentes en la zona del estudio. Se identificaron y caracterizaron 10 indicadores con 24 subindicadores y fueron estandarizados en una escala no sustentable hasta un valor umbral máximo de sustentabilidad. De acuerdo a la metodología de análisis multivariado se elaboraron fórmulas matemáticas para definir el grado e índice de sustentabilidad de los sistemas de producción de quinua, con indicadores prácticos, sencillos, replicables y con bajo costo de su aplicación. Se recomienda difundir esta metodología y emplearla en trabajos para evaluar la sustentabilidad de sistemas de producción de quinua en otras regiones productoras del Perú.

Palabras clave: indicadores; sustentabilidad; análisis multivariado; índice de sustentabilidad.

ABSTRACT

The objective of the research was to define, prioritize and characterize qualitative and quantitative indicators associated with economic, environmental and social aspects to measure the degree of the sustainable production of quinoa in three communities in the District of Chiara, Ayacucho. The variables and indicators were defined based on a

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

methodological proposal of multivariate analysis, considering critical aspects related to quinoa production activity and its sustainability. The relevance of the indicators, how to measure in the field, weighting and its structure, were validated in two workshops by experts, leaders of organizations and producers present in the zone of study. They were identified and characterized 10 indicators and 24 sub-indicators were standardized on a scale of unsustainable value to a maximum threshold of sustainability. According to the multivariate analysis methodology, mathematical formulas were applied to define the degree and sustainability index of the quinoa production systems, with practical indicators, simple, replicable and with low cost of its application. It is recommended to disseminate this methodology and use it in studies to evaluate the sustainability of quinoa production systems in other producing regions of Peru.

Keywords: indicators; sustainability; multivariate analysis; sustainability index.

INTRODUCCIÓN

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.

El objetivo de la investigación fue definir, jerarquizar, y caracterizar indicadores y subindicadores, relevantes para evaluar la sostenibilidad de la producción de quinua de los sistemas de producción de tres comunidades del distrito de Chiara.

El trabajo reviste especial importancia porque los resultados pueden ser utilizados para evaluar los niveles de sostenibilidad de distintos sistemas de producción en la zona alto andina del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables para identificar los indicadores económicos, ambientales y sociales de mayor importancia en la producción de quinua, fueron seleccionadas y definidos en

dos talleres realizados en 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 1) 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.



Figura 1. Secuencia metodológica para la construcción y definición de indicadores del estado de los sistemas de producción y agroecosistemas en Chiara

La validación de la pertinencia de cada indicador fue por consenso y con fines de análisis, 10 indicadores y 24 subindicadores se agruparon en las tres dimensiones del desarrollo sostenible de acuerdo a la metodología propuesta por Sarandón (2002). Cada subindicador 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 sustentabilidad y 1 el más bajo. Finalmente, para determinar los indicadores económicos, ambientales y sociales se elaboraron fórmulas 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 sustentabilidad. El valor de los indicadores IK, IA e IS es un cociente cuyo numerador es la sumatoria ponderada de los indicadores y subindicadores y el denominador es el número de variables tomando en cuenta su ponderación.

$$\text{Indicador Económico (IK)} = \frac{[2((A1 + A2 + A3 + A4)/4) + B + (C1 + C2 + C3)/3]}{4}$$

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

$$\text{Indicador Social (IS)} = \frac{[2((A1 + A2 + A3 + A4)/4) + 2B1 + C + D]}{5}$$

$$\text{Índice de Sustentabilidad General (ISG)} = \frac{(IK + IA + IS)}{3}$$

$$\text{Índice de Sustentabilidad General (ISG)} = \frac{(IK + IE + IS)}{3}$$

El valor umbral o mínimo que debe alcanzar el Índice de Sustentabilidad General (ISG) para considerar que la producción de quinua bajo los sistemas de producción identificados son sustentables, 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 1).

Tabla 1. Parámetros de valoración del Indicador de Sostenibilidad General (ISG)

Escala	Descripción de los niveles de valoración	Nivel de sustentabilidad
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 Chiara.	Alto

RESULTADOS

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 subindicadores de sustentabilidad, integrada a aspectos económicos, ambientales y sociales, como se muestra en la figura 1.

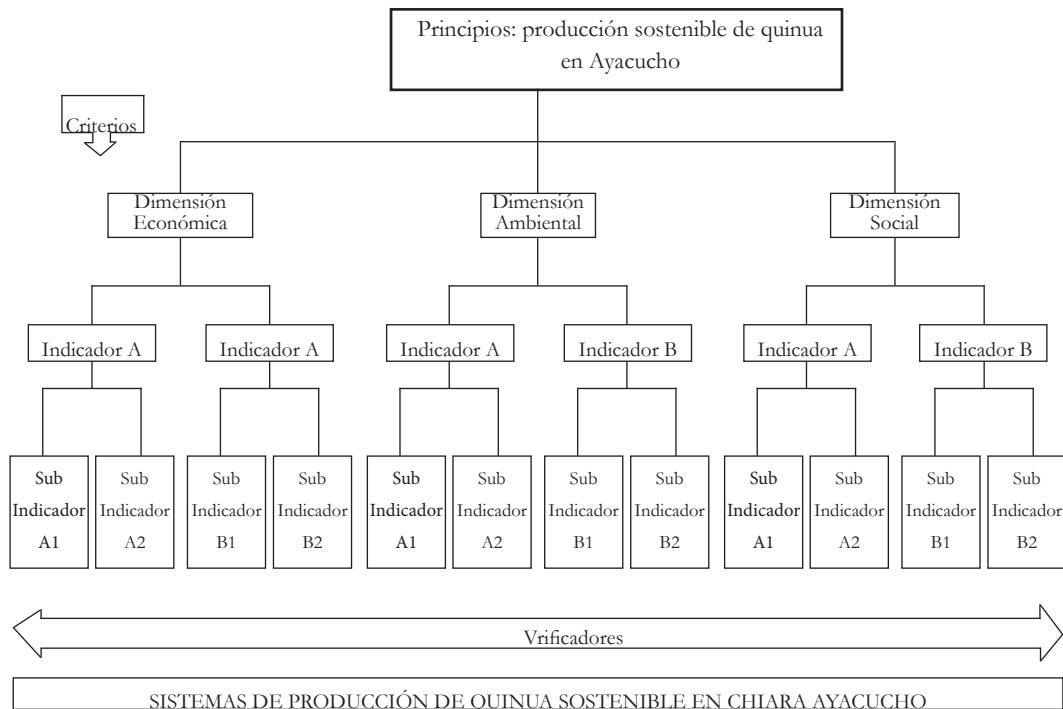


Figura 2. Mapa conceptual para la jerarquización de indicadores de sostenibilidad de sistemas de producción de quinua en Ayacucho

Se elaboró una matriz considerando el sistema jerárquico y la relación de las funciones o dimensiones de los agroecosistemas con los principios, criterios e indicadores (tabla 2).

Tabla 2. 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

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 3).

Tabla 3. Matriz de indicadores, subindicadores, definición y forma de medir en campo, Chiara, Ayacucho

INDICADOR ECONÓMICO		
Indicador	Subindicador	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)
	C1.- Diversificación para la venta	Nº de productos agrícolas disponibles para la venta incluido el cultivo en estudio
C: Riesgo económico	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
INDICADOR AMBIENTAL		
Indicador	Subindicador	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 de 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

INDICADOR SOCIAL		
Indicador	Subindicador	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 de quinua como actividad principal
	B2.- Sistema de producción	
C: Integración social	Valoración del sistema de producción de quinua en función al impacto ambiental	
	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 la utilidad de la asistencia técnica para su sistema de producción

Estandarización de indicadores y subindicadores

Para realizar la comparación de las unidades de producción (parcelas) y facilitar el análisis de las múltiples dimensiones en evaluación, los datos fueron estandarizados, mediante su transformación a una escala de 1 a 5; siendo 5 el mayor valor de sustentabilidad y 1 el más bajo, con la finalidad de facilitar la integración de subindicadores 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.

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 4).

Tabla 4. Indicadores, subindicadores y escalas de valor en la dimensión económica

Indicador	Subindicador	Escala de valor del subindicador
	A1.- Superficie cultivada	(5) más de 1 ha; (4) 0,75 a 1 ha; (3) 0,5 a 0,75 ha; (2) 0,25-0,5 ha; (1) menos de 0,25 ha.
A:	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 5).

Tabla 5. Matriz de indicadores, subindicadores y valor en la dimensión ambiental

Indicador	Subindicador	Escala de valor del subindicador
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 (4) hasta 3 t/ha (3) hasta 2 t/ha (2) hasta 1 t/ha (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
	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
C:	C2.- Gestión de plagas / enfermedades.	5) Ninguna medida; (4) Biocidas naturales; (3) Biocidas industriales (2): MIP; (1) Control químico.
	C3.- Manejo de 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 6).

Tabla 6. Matriz de indicadores, subindicadores y valor en la dimensión social

Indicador	Subindicador	Escala de valor del subindicador
A:	A1.- Vivienda	(5): Material noble, muy buena; (4): Material adobe, buena; (3): Adobe regular, piso de tierra; (2): Adobe sin terminar o deteriorada; (1): Chozo Mala, sin terminar, deteriorada,
	A2.- Acceso a la educación	5: Universitario, maestría; (4): Técnico; (3): Secundaria ; (2): Primaria; (1): Ninguna
	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 esta le reporte más ingresos; (4): Está contento, pero espera mejores resultados (3): No está del todo satisfecho, continúa 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 pondera 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 sustentabilidad general, valorando a todos por igual. El valor umbral o mínimo que debe alcanzar el Índice de Sustentabilidad General (ISG) para considerar que la producción de quinua bajo los sistemas de producción identificados son sustentables, 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.

DISCUSIÓN

En la construcción del marco conceptual, para definir los indicadores y subindicadores y su posterior interpretación que se haga de ellas, se ha definido por consenso que la propuesta se adhiere al concepto de sustentabilidad 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) señalan que es necesario preservar el *stock* del capital natural en términos físicos así como la calidad ambiental del mismo.

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).

En base al mapa conceptual elaborado, se desarrolló un sistema jerárquico, conformado por principios (FAO, 2014), criterios, indicadores, y verificadores de sustentabilidad acordes a las condiciones donde se realizó el estudio. La misma propuesta fue desarrollada por Luján (2001).

Se identificaron 10 indicadores y 24 subindicadores, los que se agruparon en las tres dimensiones del desarrollo sostenible de acuerdo a la metodología y el marco conceptual propuesto por Sarandón (2002), siguiendo los lineamientos de Smyth & Dumansky (1995) y Astier *et al.* (2008). Se priorizaron indicadores útiles y fáciles de obtener e interpretar, que brinden información para detectar tendencias en el ámbito de estudio. Con respecto a la pertinencia en el número de indicadores Rugby *et al.* (2000), citado por Sánchez (2009), sostiene que se debe evitar el empleo de indicadores que sean el desdoblamiento de otros porque puede conllevar a cometer errores de interpretación.

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

Para realizar la comparación de las unidades de producción (parcelas) y facilitar el análisis de las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los subindicadores fueron estandarizados en escala de valores de 1 a 5; siendo 5 el mayor valor de sustentabilidad y 1 el mínimo. Meza y Julca (2015), estandarizaron los indicadores en una escala de 1 a 5. En general, una escala con 4 o 5 valores es adecuada (Sarandón, 2002).

En las fórmulas propuesta, 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 (2015). Por su parte, Gayoso e Iroumé (1991), citados por Márquez (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 sustentabilidad.

CONCLUSIONES

Se logró establecer un sistema jerárquico para cada indicador, compuesto por principios, criterios, indicadores, y verificadores de sustentabilidad acordes a las condiciones donde se realizó el estudio.

Los indicadores identificados están estrechamente relacionados con los requisitos de la sustentabilidad porque son sensibles a un amplio rango de condiciones, son directos a mayor valor más sustentables, de fácil recolección y uso confiables

Al aplicar la metodología de análisis multicriterio, se han definido diez indicadores y 24 subindicadores entre cualitativos y cuantitativos, que facilita hallar el índice de sostenibilidad de la producción de quinua en los sistemas de producción de quinua prevalentes en la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayora, Lorenzo. 2015. «Determinación de atributos y evaluación de la sustentabilidad de parcelas agrícolas (fincas) en la cuenca media y baja del río Supe, Barranca». *Aporte Santiaguino*. Vol. 8 N° 2. 229-240.
- Astier, Marta; Masera, Omar y Galván-Miyoshi. 2008. *Evaluación de sustentabilidad: Un enfoque dinámico y multidisciplinario*. Valencia: Mundiprensa, Fundación. Instituto de Agricultura Ecológica Sustentable.
- Barreto, Juan; Julca, Alberto y Canto, Manuel. 2015. «Sostenibilidad ecológica de la Producción Agropecuaria Tradicional de Carhuaz, Áncash, Perú». *Aporte santiaguino*. Vol. 8, N° 2. 219-228.
- Constanza, Robert y Daly, Herman. 1992. «Natural capital and sustainable development». *Conservation biology*: Vol. 6. N°1. 37-46.
- Luján, Concepción; Olivas, Jesús y Magaña, José. 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.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. *Building a common vision for sustainable food and agriculture. Principles and approaches*. Roma, Italia.
- Márquez, Fany y Julca, Alberto. 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
- Merma, Isaías y Julca, Alberto. 2012. «Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú». *Ecología Aplicada*. Vol. 11, N° 1. Lima: Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. 1-11.
- Meza, Ysabel y Julca, Alberto. 2015. «Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco». *Ecología Aplicada*. Vol. 14, N° 1. Lima: Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria La Molina. 55-63.
- Sánchez, Gabriela. 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, Santiago. 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 (E.C.A). 393-414.
- Sarandón, Santiago y otros. 2006. «Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas en fincas de Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores». *Agroecología*. Vol. 1. 19-28.
- Sarandón, Santiago y Flores, Claudia. 2009. «Evaluación de la Sustentabilidad en Agroecosistemas: una propuesta metodológica». *Agroecología*. Vol. 4. 19-28.
- Sarandón, Santiago y Flores, Claudia. 2014. «Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables». 1ra ed. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.
- Smyth, AJ. y Dumansky, Julián. 1995. «A framework for evaluating sustainable land management». *Canadian Journal of Soil Science*. Vol. 75. 401-406.

Recibido: 05/07/17

Aceptado: 25/10/17

Correspondencia

Rember Pinedo Taco

remberpinedo7@hotmail.com