

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO CON YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN LA SUBCUENCA DE SANTA TERESA, CUSCO

SUSTAINABILITY OF CASSAVA (*Manihot esculenta* Crantz) CROPPING SYSTEMS IN THE SANTA TERESA SUBBASIN, CUSCO

Ysabel Meza* y Alberto Julca Otiniano**

Resumen

El presente estudio fue realizado en la subcuenca de Santa Teresa, provincia de La Convención en Cusco (Perú), con el objetivo de caracterizar los sistemas de cultivo con yuca y evaluar la sustentabilidad de los mismos. El estudio consistió en la construcción contextualizada de indicadores de sustentabilidad, la aplicación de una encuesta estructurada y la confirmación *in situ* de los datos cualitativos. Los indicadores fueron estandarizados en una escala de 1 a 5 y ponderados según el grado de influencia para la sustentabilidad económica. En la misma escala, se establecieron los valores límite para la estratificación de los sistemas menos sustentables y más sustentables.

La caracterización refiere sistemas de cultivo con yuca diversificados por su manejo asociado con otros cultivos, productivos por el potencial de rendimiento de sus cultivares, y socialmente fortalecidos por las condiciones sociales aceptables, además de la participación de la familia en las actividades agrícolas. Para la sustentabilidad se obtuvo un promedio de 3.64 que corresponde a un nivel de sustentabilidad intermedia; y los puntos críticos identificados están relacionados con agroforestería, diversidad de cultivares y el área destinada a la producción de yuca.

Palabras clave: Sistemas de cultivo, *Manihot esculenta*, caracterización, sustentabilidad, agroecología, producción diversificada.

Abstract

The present study was carried out in the Santa Teresa sub basin, province of The Convention in Cusco (Peru), in order to characterize the cropping systems with cassava and to evaluate the sustainability thereof. The study consisted in the contextualized construction of indicators for the sustainability, application of a structured survey and the confirmation *in situ* of qualitative data. The indicators were standardized in a scale of 1 to 5 and were weighted, according to the importance of indicators for the economic sustainability. On the same scale, the limit values for the stratification of the less sustainable and more sustainable systems were established.

The characterization shows that, the cropping systems with cassava are diversified by the associated management with other crops, are productive by the potential of yield of the cultivars of cassava and, socially strengthened by the acceptable social conditions, as well as the participation of the family in the farm activities. For the sustainability, an average of 3.64 corresponding to a level of intermediate sustainability was obtained; and the critical points identified are related to agroforestry, diversity of cultivars and the area for cassava production.

Key words: Cropping systems, *Manihot esculenta*, characterization, sustainability, agroecology, diversified production.

Introducción.

A diferencia de la agricultura intensiva que se enfoca en sistemas de producción especializados y necesariamente rentables, la agricultura familiar promueve una producción diversificada orientada al autoabastecimiento y la generación de ingresos económicos, en activa interrelación con todos los componentes del agroecosistema y su entorno social; sin embargo, las condiciones que afectan a la calidad de vida de los productores y las tendencias

económicas de agroexportación, podrían conducir a prácticas insustentables; por lo que la agricultura sustentable, transversal a ambos sistemas de producción, permite conservar el flujo de bienes y servicios, orientados a satisfacer las necesidades socioeconómicas de las poblaciones actuales y futuras en un determinado agroecosistema (Sarandón *et al.*, 2006). La agricultura es sustentable cuando proporciona un rendimiento constante a largo plazo, como resultado de la optimización del sistema en su

conjunto y el uso de tecnologías ecológicamente racionales (Toro *et al.* 2011). Los esfuerzos por evaluar las condiciones de sustentabilidad de los sistemas de producción ha permitido el desarrollo de metodologías como el Marco MESMIS o Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (Maserá *et al.*, 1999). Éste fue enriquecido con la propuesta metodológica de Sarandón & Flores (2009) que, entre otros aspectos establece criterios para la caracterización del sistema, la cuantificación de los indicadores y la determinación de los puntos críticos.

La necesidad de caracterizar los sistemas de producción agrícola en contextos de pobreza rural de América Latina, se debe a la gran diversidad de condiciones biofísicas y socioeconómicas diversas que presentan (Altieri & Nicholls, 2000); por lo que, se requiere de una caracterización de los sistemas de producción para diseñar estrategias de intervención contextualizada a partir de potencialidades y puntos críticos identificados. La estandarización y ponderación de indicadores, mediante procedimientos cuantitativos, permiten la comparación entre fincas y el análisis de las múltiples dimensiones (ambiental, económica y social) de la sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2006). La aplicación del marco MESMIS a contextos productivos caracterizados por su naturaleza de agricultura familiar muestra que los aspectos que fortalecen la sustentabilidad son la productividad, la conservación de sus recursos, la autosuficiencia y la equidad (Speelman *et al.*, 2008).

En los sistemas de producción agrícola de las regiones subtropicales y tropicales, la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene una presencia constante (casi obligatoria) por su consumo diario e importancia del cultivo en la optimización del recurso suelo, generalmente asociado a gramíneas y leguminosas. En Perú se tiene más de 100 000 ha sembradas con yuca y en Cusco alrededor de 3 500 ha (MINAGRI¹, 2013). Pese a su importancia para la alimentación y su contribución a la economía familiar de los productores andino-amazónicos, no se conocen estudios sobre la sustentabilidad de sistemas productivos con yuca. Por ello, bajo la hipótesis de que las prácticas agroecológicas y la diversificación de los sistemas de producción son determinantes para la sustentabilidad, se ha realizado el presente estudio con el objetivo de caracterizar y evaluar la sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en localidades andino-amazónicas de una subcuenca peruana. Los objetivos específicos están orientados a determinar los aspectos relevantes que tipifican a los sistemas de cultivo con yuca e identificar aquellos indicadores que fortalecen y afectan a la sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco.

Materiales y métodos.

El ámbito de estudio fue la subcuenca de Santa Teresa, distrito del mismo nombre, provincia de La Convención en la región Cusco (Perú). Geográficamente, Santa Teresa se ubica entre los paralelos 13° 14' y 13° 34" Latitud Sur y los meridianos 75° 68" y 73° 22' Longitud Oeste, con un rango altitudinal que se distribuye entre los 1 050 y 2 800 msnm. Hidrográficamente, forma parte de la cuenca del Urubamba en la vertiente del Amazonas y ecológicamente corresponde a un bosque seco subtropical, transicional a bosque húmedo-subtropical (bs-S/bh-S), clima semiseco y semicálido, y precipitación pluvial desde los 1200 a 1800 mm/año, de acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2011).

Las actividades productivas en la subcuenca se enmarcan en un contexto de pisos ecológicos variados, con ventajas comparativas para cultivos anuales como la yuca, microclimas apropiados para el cultivo de café y cultivos promisorios como la granadilla y el palto. Sin embargo, las características fisiográficas (pendientes pronunciadas) y la alta vulnerabilidad a procesos erosivos y desastres naturales, limitan la disponibilidad de áreas cultivables y determinan pequeños sistemas agrícolas diversificados. El café orgánico, es el cultivo de prioridad económica; la yuca y otros cultivos anuales y perennes, se distribuyen de acuerdo a su importancia para la alimentación y la economía familiar.

Los procedimientos metodológicos para el desarrollo de la investigación son los que a continuación se describen:

a. Caracterización: Es una descripción de las prácticas agrícolas, pecuarias o forestales, las características socioeconómicas, los niveles de organización de los productores y las interacciones existentes entre los subsistemas de cultivos y crianzas (Maserá *et al.*, 2008). La unidad de análisis, está constituido por un sistema de cultivo con yuca (parcela), con sus respectivos subsistemas de cultivos y crianzas. La generación de información para las unidades de análisis, se realizó mediante encuestas estructuradas, entrevistas y visitas a las parcelas. En la estimación de la muestra se utilizó la fórmula de proporciones para poblaciones finitas (Corbetta, 2007), obteniéndose una muestra de 82 productores para un total de 349 pobladores de cuatro localidades representativas de las condiciones biofísicas y poblacionales de la subcuenca. Las encuestas fueron aplicadas a inicios del año 2013 y posteriormente, se realizó la validación de la información (constatación *in situ*) en el 11% de los sistemas de cultivo con yuca (parcelas), seleccionados al azar. La información obtenida fue organizada en una base de datos para su respectiva tabulación y evaluación, de acuerdo a los objetivos de la investigación.

¹ Ministerio de Agricultura y Riego, Perú.

b. **Selección de indicadores y cuantificación:** Con el fin de identificar los puntos críticos que afectan a la sustentabilidad, fue efectuada la selección de indicadores mediante el criterio *bottom up* (de abajo arriba), producto de una caracterización previa de los sistemas en estudio (Galván-Miyoshi *et al.*, 2008), y el modelo de indicadores PER (Presión, Estado y Respuesta), que es explicado por efectos de causalidad, aplicado por Sarandón & Flores (2009). Bajo este contexto, los indicadores de presión se expresan en la diversificación de los sistemas de cultivo, rendimiento, consumo y comercialización; los indicadores de respuesta están relacionados con agroforestería (uso de especies arbustivas y arbóreas en la parcela), manejo integrado de plagas y restitución de nutrientes con abonos orgánicos; y los indicadores de estado se corresponden con el área destinado a la producción de yuca, disponibilidad de mano de obra y satisfacción de servicios básicos. Estos indicadores fueron agrupados de acuerdo a su naturaleza o comportamiento ambiental, económico y

social, como se indica en la Tabla 1.

Los indicadores, importantes porque permiten medir la sustentabilidad de un sistema complejo (Belcher *et al.*, 2004) fueron estandarizados en una escala numérica (1 a 5) donde, el valor más bajo (1) representa una situación crítica para la sustentabilidad y el valor más alto (5) una mayor sustentabilidad, según el grado de afectación o contribución a la sustentabilidad (Tabla 1). Metodológicamente, la estandarización facilita la comparación entre las unidades de producción; así como el análisis de las dimensiones ambiental, económica y social de la sustentabilidad (Sarandón *et al.*, 2006). La ponderación consistió en multiplicar el valor estandarizado por un factor de ponderación, solo para aquellos indicadores que contribuyen significativamente al fortalecimiento de la sustentabilidad económica; y como tal, estos indicadores adquieren un valor diferenciado (Tabla 1). La selección de indicadores a ponderar está relacionada con incremento en el rendimiento, mejora

Tabla 1. Indicadores de Sustentabilidad para la Subcuenca de Santa Teresa seleccionadas con el criterio *Bottom up* y el modelo de indicadores PER.

Clave	Indicadores	Unidad	Escala de estandarización					Factor pond.
			1	2	3	4	5	
Dimensión ambiental								
A	Diversidad de cultivares de yuca	Cultivar	1	2	3	4	> a 4	2
B	Agroforestería con especies frutícolas	Especie	0	1	2	3	> a 3	1
C	Agroforestería con especies ornamentales, medicinales y maderables	Especie	0	1	2	3	> a 3	1
d1	Uso de abonos orgánicos	Tipos de abono	0	1	2	3	> a 3	
d2	Asociación de cultivos	Especies ¹	0	Y	Y+M	Y+F/P	Y+M+ F/P	2
d3	Manejo integrado de plagas y enfermedades	Tipos de control ²	Q	Q+O	O*	C	O**	
Dimensión económica								
A	Área de producción para el cultivo de yuca	m ²	< a 125	125 a 249	250 a 374	375 a 499	> a 500	1
B	Rendimiento del cultivo	t/ha	< a 10.5	10.5 a 10.99	11 a 11.49	11.5 a 11.99	> a 12	2
C	Diversificación de la producción agrícola	Cultivo	0	1	2	3	> a 3	2
d1	Diversificación de la producción pecuaria	Especie	0	1	2	3	> a 3	2
d2	Destino de la producción agropecuaria	% Rubro ³	100 V	100 C	50 V 50 C	40 V 60 C	< 40 V > 60 C	
Dimensión social								
A	Acceso a servicios básicos.	Servicio básico	1	2	3	4	> a 4	2
B	Participación en eventos de capacitación.	Frecuencia ⁴	N	Mp	P	Nm	M	1
C	Satisfacción con el sistema	Apreciación ⁵	Mm	M	R	B	Mb	1
D	Participación familiar	Agentes ⁶	E	P	P+M	F	F+E	1

Especies¹: yuca (Y), maíz (M), frijol (F), poroto (P). **Tipos de control²** químico (Q), orgánico (O), orgánico sin procesar (O*), orgánico procesado (O**). **Rubro³:** venta (V), consumo (C). **Frecuencia⁴:** ninguno (N), muy poco (Mp), poco (P), no mucho (Nm), mucho (M). **Apreciación⁵:** muy mala (Mm), mala (M), regular (R), buena (B), muy buena (Mb). **Agentes⁶:** externos (E), padre (P), madre (M), familia (F).

del suelo por aporte de nutrientes, estrategia para reducir pérdidas de cultivos por situaciones ambientales adversas, reducción del riesgo económico, entre otros.

Las tendencias para la sustentabilidad ambiental, económica y social fueron estimadas mediante la suma algebraica de sus respectivos indicadores, y multiplicados éstos por su factor de ponderación. En un primer momento se obtuvieron resultados parcelarios y a partir de ellos se determinó el promedio de sustentabilidad para cada una de las dimensiones. Finalmente, se estimó la sustentabilidad general de los sistemas de cultivo con yuca en la subcuenca, promediando los valores obtenidos para las tres dimensiones de análisis como se muestra en la Tabla 2.

prácticas agroforestales, éstas se realizan con especies frutícolas y forestales: Pacae mono (*Inga adenophylla*), plátano (*Musa paradisiaca*), palto (*Persea americana*), naranjo (*Citrus cinensis*), pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*) y otras especies forestales que son utilizados por su importancia en la fertilización del suelo, por contribuir en la estabilización de áreas degradadas y proporcionar bienes con valor económico (frutos, madera, combustible) y ecológico (hábitat de especies benéficas). Asimismo, los sistemas agroforestales constituyen una estrategia para la mitigación de las fluctuaciones extremas de temperatura y humedad (Altieri & Nicholls, 2008). En el manejo del suelo, los productores hacen uso de abonos orgánicos como: compost (más del 90%), bioles², humus y guano de

Tabla 2. Fórmulas matemáticas para estimar la sustentabilidad por dimensiones de análisis para la subcuenca de Santa Teresa.

Sustentabilidad Ambiental (SA)	Sustentabilidad Económica (SE)	Sustentabilidad Social (SS)
$SA = [2a+b+c+2((d_1+d_2+d_3)/3)]/6$	$SE = [a+2b+2c+2((d_1+d_2)/2)]/7$	$SS = [2a+b+c+d]/5$
Sustentabilidad del sistema (SAES) = (SA+SE+SS)/3		

c. **Estratificación de sustentabilidad:** Consistió en la categorización de los sistemas de cultivo con yuca, en función a sus valores obtenidos para la sustentabilidad, y de acuerdo a un gradiente ascendente para los procesos menos sustentables (< 3) y más sustentables (≥ 3) como se detalla a continuación: muy crítica (< a 2.0), crítica (2.0 a 2.4) en transición (2.5 a 2.9), baja (3.0 a 3.4), intermedia (3.5 a 3.9) y alta sustentabilidad (> a 4.0).

Resultados y discusión.

1. Caracterización de los sistemas de cultivo con yuca

Entre los aspectos ambientales (Tabla 3) destacan la conservación y cultivo de nueve cultivares de yuca de los 22 reportados para el distrito de Santa Teresa (MINAM, 2013). Las preferencias para una mayor frecuencia de cultivo (Blanca, Yanañahui y Amarilla), están relacionadas con características productivas (rendimiento), organolépticas (sabor) y adaptativas (distribución altitudinal). Los otros cultivares se cultivan como una estrategia de seguridad alimentaria por su rusticidad; su ciclo vegetativo; por las ventajas de un mayor tiempo de conservación en el campo e incremento del rendimiento, porque al permanecer las raíces en el campo, éstas siguen madurando hasta alcanzar el umbral máximo de producción y consecuentemente, le permite al agricultor disponer del producto en forma permanente. Para Inga & López (2001), la diversidad en la chacra constituye un mecanismo efectivo que garantiza el abastecimiento con alimentos en cualquier época del año; por lo que, la conservación de los recursos genéticos constituye un elemento importante en las prácticas agrícolas sustentables (Ayala & Guerrero, 2009). En cuanto a

isla. Altieri (1992) indica que el uso de compost y la aplicación de enmiendas orgánicas constituyen una estrategia de mejoramiento en los agroecosistemas. Por otro lado, con el uso de biocidas (macerado de plantas repelentes) y ceniza para el control de hormigas (*Atta sexdens fuscata*) y enfermedades fungosas, que aparecen con cierta eventualidad, los productores refieren haber obtenido resultados favorables que se expresan en sanidad e incremento de los rendimientos del cultivo de la yuca.

La asociación de yuca con maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*), frijol de palo (*Cajanus cajan*) y maní (*Arachis hipogea*) es una práctica de producción tradicional frecuente. Merma & Julca (2012) afirman que en el alto Urubamba (del cual forma parte la subcuenca de Santa Teresa) existe una diversidad de sistemas de cultivos, entre los que destaca el maíz intercalado con yuca. La producción de yuca, además de asociarse con gramíneas y leguminosas, favorece el desarrollo de cultivos de cobertura: uncucha (*Xanthosoma sagittifolium* Schott), camote (*Ipomoea batatas*) y virraca (*Arracacia xanthorrhiza* B.); así como, cultivos de borde: achiote (*Bixa orellana*) y piña (*Ananas comosus*), importantes en el sistema de producción por su valor comercial. Altieri & Nicholls (2000) indican que en un sistema de cultivo se dan niveles de integración y sinergias que intervienen al interior y exterior de las unidades de producción como cultivos de borde, barreras vivas, cultivos de cobertura y cercos vivos que favorecen el

² Productos elaborados en base a estiércol, hierbas repelentes y minerales que presentan efectos fertilizantes (foliares) y curativos para el caso de enfermedades fungosas.

hábitat de especies benéficas polinizadoras y controladores biológicos.

Entre los aspectos económicos (Tabla 3), se tiene que el área destinada al cultivo de yuca, predominantemente es insuficiente como para satisfacer la demanda familiar, en un escenario de alta dependencia por el producto, como ocurre en comunidades andino-amazónicas de Perú, en las que el consumo diario demanda un promedio mínimo de dos kg/día/familia. En Santa Teresa la extensión promedio por finca es 10.03 ha con un 28% de área destinado a la producción de café o cultivo prevalente (Merma & Julca, 2012), lo que sugiere la posibilidad de ampliar el área de cultivo para la yuca, con una perspectiva de gestión frente a situaciones adversas de orden climático o biológico, como la roya amarilla en Perú el año 2013, que afectó a varias regiones cafetaleras con pérdidas económicas importantes.

Respecto al rendimiento promedio local para el cultivo de yuca, se tiene que éste es superior al promedio regional (11.79 t/ha para cultivares comerciales) con 12.93 t/ha. Además, los productores refieren rendimientos de 39.6 a 52.8 t/ha cuando las cosechas se realizan a la madurez de los cultivares (umbral máximo de producción). Según el MINAGRI (2013) en la costa peruana los rendimientos de yuca son superiores a los que se han registrado en la selva sur y nororiental, siendo Lima, Ica y Ancash los departamentos que destacan con 33.40 t/ha, 21.25 t/ha y 19.10 t/ha, respectivamente. En la región central, destaca Pasco con 16.72 t/ha y en la región nororiental, Amazonas con 15.37 t/ha (MINAGRI, 2013). Otra característica de importancia económica es la diversificación de las actividades productivas en la que destaca el manejo del cultivo como un sistema de producción, explicado por la interacción con otros subsistemas agrícolas y pecuarios. La dinámica de desarrollo del subsistema pecuario es trascendente para las familias productoras de la subcuenca, por su contribución a la seguridad

Tabla 3. Resultados para la caracterización de los sistemas de cultivo con yuca en la subcuenca de Santa Teresa.

Aspectos ambientales	Aspectos económicos	Aspectos sociales
Cultivares de yuca y frecuencia de cultivo: Blanca (53.7%), Yanañahui (35.4%), Amarilla (32.9%), P'asquito (17.9%), Panti (14.6%), Pucañahui (8.5%), Yuracñahui (3.7%), Serpentina (2.4%), Vacacho (2.4%)	Área de producción de yuca: De 75 m ² a 650 m ² Densidad de plantación: 6666 plantas/ha	Servicios básicos (SB): Con 5 SB 46.3% Con 3 a 4 SB 50% Con 2 SB 3.7%
Agroforestería: Frutales: Pacae (84%), plátano (69%), palto (28%), naranjo y piña (18%). Forestales: Pino chuncho (50%) y otras especies (50%)	Rendimiento: 12.93 t/ha 1.94 kg/planta	Frecuencia de participación en eventos de capacitaciones: Siempre 63.4% Casi siempre 31.7% A veces 4.9%
Manejo sostenible del suelo Abonos orgánicos: Compost (92.7%) bioles, humus y guano de isla. Uso de leguminosas: Frijol de palo, maní y frijol	Diversificación agrícola: Yuca + otros cultivos diferentes (granos, raíces y otros) Solo yuca (12.2%) + 1 a 3 cultivos (54.9%) + 4 a 6 cultivos (32.9%)	Satisfacción con el sistema Muy buena 39% Buena 43.9% Regular 17.1%
Asociación de cultivos: Yuca-maíz, yuca-frijol, yuca-frijol de palo, yuca-maíz-frijol y yuca-maíz-frijol de palo. Cultivos de cobertura: uncucha, camote y virraca. Cultivos de borde: achiote y piña.	Diversificación pecuaria: Gallinas 88% Cuyes 72% Abejas 22% Otras especies 13% Porcentaje destinado al mercado: 30 a 40%	Participación de la familia en el sistema de producción > 50%

alimentaria y por los bienes y servicios que se obtienen mediante la comercialización de productos y subproductos. Los *inputs* del subsistema de crianza de animales menores lo constituyen los productos obtenidos de los cultivos de maíz, yuca y frutales y los *outputs* (estiércoles y residuos) retornan al sistema como abonos y materia orgánica; porque el enfoque agroecológico de la agricultura es integrador de los aspectos productivos, medioambientales y sociales (Felipe-Morales, 2002).

En el aspecto social (Tabla 3), la disponibilidad de servicios básicos y la satisfacción de un mayor número de los mismos, es un indicador importante para la sustentabilidad socio-económica por constituir una estrategia importante de prevención de enfermedades; y consecuentemente, por reducir los

Tabla 4. Resultados de estratificación parcelaria, por dimensiones de estudio, en la subcuenca de Santa Teresa.

Nivel de Sustentabilidad	Sistemas menos sustentables			Sistemas más sustentables		
	Muy crítica	Crítica	En transición	Baja	Intermedia	Alta
Criterio de estratificación (escala 1 a 5)	< a 2.0	2.0 a 2.4	2.5 a 2.9	3.0 a 3.4	3.5 a 3.9	> a 4.0
Ambiental (%) de parcelas	2.4	20.7	30.5	20.7	17.1	8.5
Económica (%) de parcelas	2.4	7.3	6.1	30.5	19.5	34.1
Social (%) de parcelas	0	0	0	4.9	15.9	79.3

gastos derivados de una atención médica. Otro indicador social está relacionado con el fortalecimiento de capacidades del productor, la satisfacción con el sistema de producción y la participación de la familia en el mismo. Los saberes locales y las capacidades de los productores son un factor importante en la discriminación y aplicación de tecnologías que aportan a un manejo sostenible del sistema productivo; al igual que, el manejo de la parcela con un trabajo compartido por los miembros de la familia y por los miembros más próximos de la comunidad (*ayni*³) permite la transmisión de costumbres (tradición alimenticia e identidad), tecnologías de conservación y la construcción de saberes locales asociados a la cosmovisión andino-amazónica. Los procesos sustentables se construyen a partir de una visión local colectiva, y su búsqueda requiere la cooperación de todos los miembros de una sociedad (Maserá *et al.*, 2008).

2. Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca

Dimensión Ambiental: Los resultados parcelarios (Tabla 4) indican que, el 53.7% de las parcelas evaluadas reflejan una situación crítica para la sustentabilidad ambiental (<3); mientras que, el 46.3% presenta condiciones ambientales más sustentables (≥3). El promedio general para la subcuenca en la evaluación de la dimensión ambiental (Tabla 5) refiere una sustentabilidad ambiental baja (SA=3.02) que, en términos de prácticas orientadas a mantener la diversidad intraespecífica e interespecífica; así como, el manejo sostenible del suelo, presentan condiciones de fragilidad, por lo que es importante la implementación de estrategias orientadas a atender los puntos críticos identificados y fortalecer las prácticas sustentables como el manejo de la diversidad de cultivos y la agroforestería, con fines económicos y ecológicos. Los indicadores determinantes para la sustentabilidad ambiental son los que incluyen procesos funcionales en el agroecosistema en orden a optimizar recursos (suelo y agua) y conservar la

³ Práctica tradicional que consiste en la contraprestación de mano de obra.

diversidad de los recursos fitogenéticos locales (Figura 1). Para Sarandón & Flores (2009) un sistema es sustentable ecológicamente si conserva la base de los recursos intra y extra prediales; y preserva la integridad del ambiente (Sarandón *et al.*, 2006). La sustentabilidad ambiental aplicada a la agricultura está referida a la capacidad de garantizar la continuidad de la productividad agraria mediante el uso de prácticas en favor del uso adecuado de los recursos naturales (Gómez-Limón & Arriaza, 2011) y, el manejo sostenible de los recursos agrobiológicos tiene múltiples ventajas de uso directo e indirecto (Halfiter *et al.*, 2001) para las generaciones actuales y futuras.

Tabla 5. Resultados de sustentabilidad para los sistemas de cultivo con yuca en la subcuenca de Santa Teresa (Cusco).

Dimensión	Nivel de Sustentabilidad		
	Baja (3.0 a 3.4)	Intermedia (3.5 a 3.9)	Alta (> a 4.0)
Ambiental	3.02		
Económica		3.60	
Social			4.30
Sustentabilidad general		3.64	

Nota: En todos los casos los valores están dados de 1 a 5.

Dimensión Económica: El análisis parcelario de indicadores económicos (Tabla 4) determinó que el 84.1% de las parcelas reflejan condiciones económicas sustentables (≥3) y el 15.9% de ellas, una situación económica crítica para la sustentabilidad (<3); por consiguiente, expuestas a una mayor vulnerabilidad económica. El valor promedio para la sustentabilidad económica de la subcuenca (Tabla 5), de acuerdo al esquema diferenciado, indica una sustentabilidad económica intermedia (SE=3.6) que, transportado a un escenario de largo plazo, permite predecir condiciones económicas favorables mucho más estables que con una sustentabilidad baja. Está claro que el flujo de *inputs* y *outputs* del sistema y la diversificación de las actividades productivas, aportan estrategias eficientes en orden a superar las limitaciones fisiográficas y la permanente situación de vulnerabilidad en la que se desarrolla la agricultura local (Merma & Julca, 2012). Por otro lado, considerando que el área destinado al cultivo de yuca es insuficiente; y como tal, constituye uno de los puntos críticos, se sugiere establecer un plan de cultivo que permita satisfacer los requerimientos de alimentación familiar y aprovechar



Figura 1. Cultivares de yuca en la sub cuenca de Santa Teresa

mejor las características productivas de los cultivares, expresadas en sus rendimientos potenciales.

Los indicadores económicos, determinantes de sustentabilidad, lo constituyen la diversificación de las actividades productivas y el potencial de rendimiento de los cultivares de yuca. La subcuenca de Santa Teresa, ha desarrollado un sistema de producción agrícola diversificado; orientado a garantizar la seguridad alimentaria, reducir los efectos adversos por eventos climáticos extremos, optimizar recursos productivos y mantener el equilibrio ecológico; en función del cual no se han reportado plagas de importancia para el cultivo de yuca; asimismo, el manejo agroecológico que los productores refieren, ha permitido la obtención de altos rendimientos (12.93 t/ha), incluso superando el promedio de rendimiento regional (11.79 t/ha) reportado por el MINAGRI (2013). La sustentabilidad económica para sistemas con cultivos, se asocia a los beneficios percibidos por los productores en un largo plazo (Toro *et al.*, 2011) y esos beneficios no necesariamente están enmarcados en una lógica monetaria sino en la capacidad de gestión y decisión para administrar los recursos locales disponibles.

Dimensión Social: La evaluación parcelaria de indicadores sociales (Tabla 4) refiere unidades de producción socialmente sustentables (≥ 3), producto de las condiciones aceptables procuradas por la disponibilidad de servicios básicos y las capacidades de los productores en el manejo de sus parcelas. El promedio para la sustentabilidad social de la subcuenca (Tabla 5), se ha determinado una alta sustentabilidad social (SS=4.3) que denota mayor estabilidad de procesos saludables e inclusivos que coadyuvan a un objetivo mayor como es la calidad de vida. Los indicadores sociales están orientados a

evaluar la satisfacción del productor, su calidad de vida y la integración social (Sarandón *et al.*, 2006); y como tal, la relevancia de los indicadores sociales, enfocada en la disponibilidad de servicios básicos y el fortalecimiento de capacidades del recurso humano; enfatiza la importancia de la participación de las instituciones (públicas y privadas) y de la sociedad organizada, en la construcción de condiciones sociales aceptables.

La participación de la familia en la gestión de la parcela, contribuye al fortalecimiento de aspectos culturales y la transmisión de prácticas ancestrales que aportan a la sustentabilidad del sistema. Y más allá de satisfacer la demanda por servicios básicos, la sustentabilidad social relacionada con la contribución a la viabilidad de las comunidades rurales (Gómez-Limón & Arriaza, 2011), proyecta un panorama más amplio en el que los indicadores sociales, incluyan aspectos vinculados a infraestructura productiva (medios de transporte, carreteras y puentes), oportunidades y acceso a mercados justos, y revaloración de aspectos culturales que tipifican a las comunidades andino-amazónicas.

Sustentabilidad general de los sistemas de cultivo en la subcuenca: Estimadas las tendencias para la sustentabilidad ambiental, económica y social, se obtuvo un promedio general de 3.64 correspondiente a una sustentabilidad intermedia (Tabla 5) que denota condiciones favorables para los sistemas de cultivo con yuca, por la preponderancia de indicadores que satisfacen las condiciones de sustentabilidad planteadas por Sarandón (2002): sistemas ecológicamente adecuadas, suficientemente productivas, económicamente viables (producción diversificada y superficie de producción para consumo), y socioculturalmente aceptables. Las

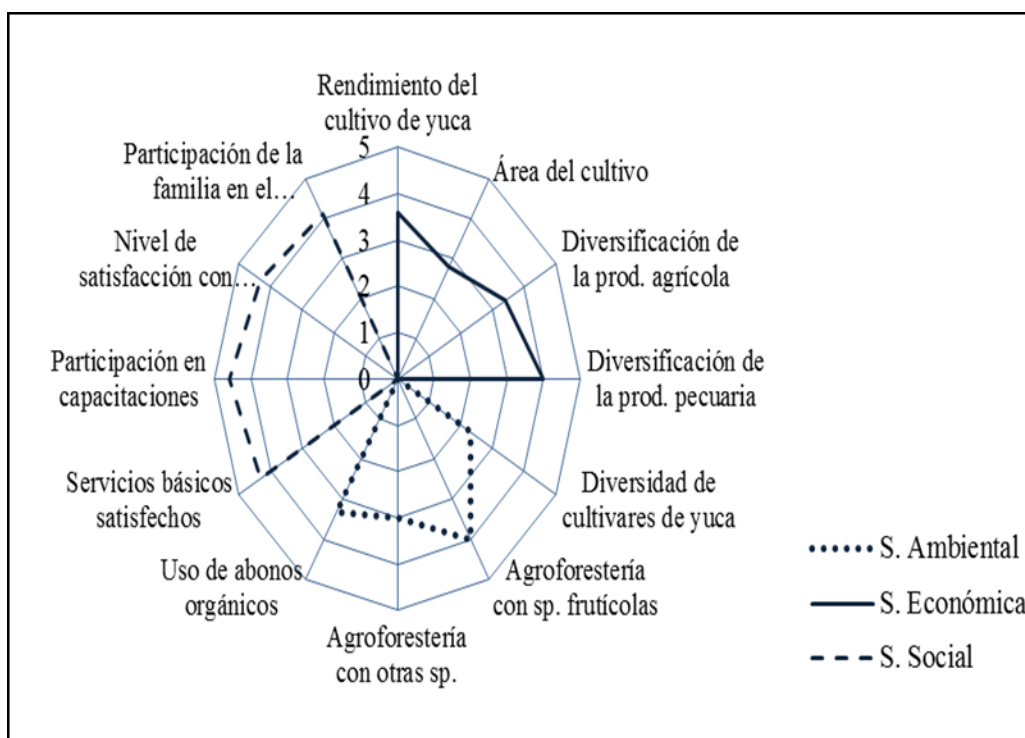


Figura 2. Puntos críticos y sustentabilidad del sistema.

condiciones de sustentabilidad para los sistemas de cultivo con yuca, se dan en un contexto de integración multidimensional de situaciones que resaltan básicamente tres aspectos: la capacidad de oferta del agroecosistema para satisfacer la demanda alimenticia familiar y para generar excedentes con fines de comercialización; la conservación y optimización de los recursos productivos disponibles (agrobiodiversidad y suelo); y finalmente, las oportunidades de inclusión en la dinámica de desarrollo social y productivo, a través de servicios básicos satisfechos y los eventos de fortalecimiento de capacidades.

Si bien los resultados independientes para cada dimensión refieren sistemas de producción con sustentabilidad baja e intermedia que, podrían conducir a procesos de una mayor vulnerabilidad o mayor sustentabilidad, respectivamente; las recomendaciones se enmarcan en un plano de potencialidades y puntos críticos identificados en cada dimensión analizada. En lo ambiental la capacidad de oferta del agroecosistema andino-amazónico es abundante porque favorece el desarrollo de una agrobiodiversidad intra e interespecífica con características importantes de adaptación, nutrición, fertilización, estabilización de suelos y otros; que demandan una mayor y mejor explotación, mediante el diseño de planes de manejo agroforestal. En lo económico, se apela a las capacidades del productor (conocimientos y prácticas sustentables) en tanto que

es administrador de los recursos productivos y; como tal, responsable de que el agroecosistema genere bienes económicos y ecológicos sin afectar la provisión de esos bienes para las futuras generaciones. Finalmente, en lo social se destaca el rol de las instituciones en la generación de oportunidades inclusivas orientadas a mejorar la calidad de vida de los productores que, como ya se describió, la situación es favorable; sin embargo, no es suficiente porque los niveles de pobreza y de inseguridad alimentaria para el contexto analizado no están aún superados, como lo demuestran los datos estadísticos de pobreza (51.8%) para el distrito de Santa Teresa (INEI, 2010).

Puntos críticos en el sistema: De acuerdo a los valores encontrados para la sustentabilidad ambiental se identificaron los siguientes puntos críticos: la conservación limitada de cultivares de yuca en la subcuenca de Santa Teresa, en la que se registraron nueve de los 22 cultivares reportados para el distrito; el manejo de suelos con abonos orgánicos, limitado al compost; y las prácticas agroforestales, insuficientes (Figura 2). Respecto a la sustentabilidad económica y de acuerdo a los indicadores para esta dimensión, la situación más crítica está determinada por el que está referido al área de producción de yuca que, insuficientemente satisface la demanda familiar de un grupo significativo de productores, generando una situación de desventaja para la seguridad alimentaria y la comercialización de excedentes (Figura 2). Socialmente, no se han determinado puntos críticos

sino potenciales del recurso humano que destacan por la disposición para asumir cambios, innovar la gestión de la parcela y mantener aquello que forma parte de su identidad cultural.

Conclusiones.

Los sistemas de cultivo con yuca, son diversificados por el desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias que se enmarcan en una lógica de manejo agroforestal, conservación de recursos fitogenéticos, seguridad alimentaria y disposición para acceder, innovar y revalorar tecnologías sustentables de producción. Las condiciones evaluadas para la sustentabilidad ambiental, económica y social, refieren un nivel de sustentabilidad intermedio por la preponderancia de indicadores que se orientan a la conservación y mejor aprovechamiento de los recursos productivos con prácticas agroecológicas, la diversificación de las actividades productivas y la comunicación intergeneracional de prácticas sustentables locales al involucrar a la familia en las labores agrícolas cotidianas. Los aspectos y prácticas que permitieron alcanzar una sustentabilidad intermedia en la subcuenca de Santa Teresa podrían ser replicados en contextos andino-amazónicos, con características de agricultura familiar y recursos biológicos similares.

Literatura citada.

Altieri M.A. & Nicholls C.I. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. México.

Altieri M.A. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. CETAL. Ediciones Valparaíso, Chile.

Ayala D.A. & Guerrero H.R. 2009. Análisis comparativo de prácticas agrícolas sustentables en comunidades campesinas e indígenas de la Meseta Purépecha, México. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica. 13:29-39.

Belcher K.W., Boehm M.M. & Fulton M.E. 2004. Agroecosystem Sustainability: A system simulation model approach. *Agricultural systems* 79(2):225-241.

Corbetta P. 2007. Metodología y técnicas de investigación social. Edición revisada. Madrid.

Felipe-Morales C. 2002. Manejo agroecológico de suelos en sistemas andinos. En: *Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas americanas. Buenos Aires, Argentina.

Galván-Miyoshi Y., Masera O. & López-Ridaura S. 2008. Las evaluaciones de sustentabilidad. En: Astier M. Masera O. & Galván-Miyoshi Y. *Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Sec. 2: 41-57.

Gómez-Limón J.A. & Arriaza M. 2011. Evaluación de la sostenibilidad de las explotaciones de olivar en Andalucía.

Halffter G., Moreno C.E. & Pineda E.O. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Manuales y Tesis SEA. Vol. 2. Zaragoza.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales). 2010. Mapa de Pobreza Provincial y Distrital 2009. El enfoque de la pobreza monetaria. Lima.

Inga H. & López J. 2001. Diversidad de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) en Jenaro Herrera, Loreto-Perú. Documento técnico nro. 28 IIAP. Iquitos, Perú.

Masera O., Astier M. & López-Ridaura S. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de Evaluación MESMIS. MundiPrensa-GIRA-UNAM. México.

Masera O., Astier M., López-Ridaura S. Galván-Miyoshi Y., Ortiz T., García-Barrios L., García-Barrios R., Gonzáles C. & Speelman E. 2008. El proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. En: Astier M. Masera O. & Galván-Miyoshi Y. *Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Sec. 1: 13-23.

Mejía K. 2002. El género *Manihot* (yuca) en el Perú y sus parientes silvestres. Seminario – Taller “Parientes Silvestres de los Cultivos Nativos en el Perú” (2002, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima).

Merma I. & Julca A. 2012. Caracterización y evaluación de la sustentabilidad de fincas en Alto Urubamba, Cusco, Perú. *Ecología Aplicada* 11(1): 1-11.

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego, Perú). 2013. Información agrícola: campaña agrícola 2012-2013.

MINAM (Ministerio del Ambiente, Perú). 2013. Caracterización y evaluación de la utilización de la agrobiodiversidad subtropical y andina como medida de adaptación al cambio climático en Santa Teresa-Cusco.

Sarandón S.J. & Flores C.C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica. *Agroecología* 4:19-28.

Sarandón S.J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable* (ed.). Ediciones Científicas Americanas. Cap. 20: 393- 414.

Sarandón S.J., Zuluaga M.S., Cieza R., Gómez C., Janjetic L. & Negrete E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 1:19-28.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2006. *Perspectiva mundial sobre diversidad biológica*. Montreal, Canadá.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Perú). 2011. Atlas climático de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Urubamba.

Speelman E.N., Astier M. & Galván-Miyoshi Y. 2008. Sistematización y análisis de las experiencias de evaluación con el marco MESMIS: lecciones para el futuro. En: Astier M. Masera O. & Galván-Miyoshi Y. *Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Sec. 1: 25-38.

* Ing. Agrónoma. Cusco – Perú. Email: ysabelepg@gmail.com.

** Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Departamento Académico de Fitotecnia. Lima – Perú. Email: ajo@lamolina.edu.pe.