

EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DEL SISTEMA AGRÍCOLA DE LA COMUNIDAD DE HUAPRA (PERÚ).

Jesús E. Espinola^{*1}, Lluís M. Plà^{**2}, Eddy J. Montañez^{*3}, Jorge W. Leyva^{*4}, Vladimir A. Cáceres^{***5}

^{*}Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo
Ciudad Universitaria-Shancayán-Huaraz, Perú.

^{**}Departamento de Matemáticas, Universidad de Lleida
Jaume II, 73, 25003 Lleida, España.

^{***}Innovaciones Tecnológicas S.A.C.

Jr. Eulogio del Río 1063-Huaraz-Perú.

ABSTRACT

This paper assesses the agricultural sustainability of the peasant community of Huapra, located in the Andes of Peru; this is a type of high land farming communities. The analysis has been made by applying the methodology framework for the evaluation of management systems of natural resources incorporating sustainability indicators (MESMIS). It has also been measured different performance indicators for the three dimensions considered. Among different results it has been found that Huapra community is based on a self-sufficient or peasant economy, mainly due to the low educational level of the inhabitants. On the other hand, it also has been found a high level of productive diversification. These results are similar to the results of other peasant communities like a study conducted in the peasant community of San José de Cusmapa - Nicaragua.

KEYWORDS: sustainability assessment, performance indicators, MESMIS

MSC: 90B50

RESUMEN

En este trabajo se evalúa la sustentabilidad agrícola de la Comunidad Campesina de Huapra, ubicada en los andes del Perú, esta es un tipo de muchas comunidades campesinas alto-andinas. El análisis se ha hecho aplicando como metodología el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS); también se ha adaptado de forma adecuada la determinación del nivel de desempeño de los sistemas de manejo en cada indicador. Entre diversos resultados se ha encontrado que es una economía de auto-subsistencia, debido principalmente al bajo nivel educativo de sus pobladores, por otro lado también se ha visto que tiene un alto nivel de diversificación productiva. Se ha verificado que estos resultados son similares a los resultados de un trabajo realizado en la Comunidad San José de Cusmapa – Nicaragua.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible es un reto que está cobrando cada vez más importancia en términos de la globalización mundial (White and Lee, 2009). Podemos entender el desarrollo sostenible como aquel desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras. Plà et al. (2014) apuntan a la sustentabilidad como uno de los campos científicos donde se pueden desarrollar más aplicaciones de la investigación operacional en los próximos años. El concepto de sustentabilidad surgió inicialmente ligado a la idea de desarrollo sostenible donde la teoría económica tradicional se quería completar con aspectos medioambientales (Astier et al. 2012). Posteriormente se ha extendido a todos los ámbitos de la actividad humana completando el enfoque inicial puramente económico a otro mucho más amplio en donde la toma de decisiones con uno o múltiples decisores y varios tipos de variables cuantitativas y cualitativas se entremezclan en funciones vectoriales que pueden resultar complejas de representar y evaluar. Los tres pilares básicos o dimensiones de la sustentabilidad son:

- Económico o productivo que debe asegurar las necesidades básicas humanas liberándola de la pobreza.
- Medio-ambiente o preservación para generaciones futuras de la naturaleza y de las fuentes de recursos primarios.
- Social en términos de organización y educación

¹ espinolj@gmail.com, ²Impla@matematica.udl.cat, ³eddyjesus@yahoo.com, ⁴jwlg35@yahoo.com, ⁵vladimiralex50@hotmail.com

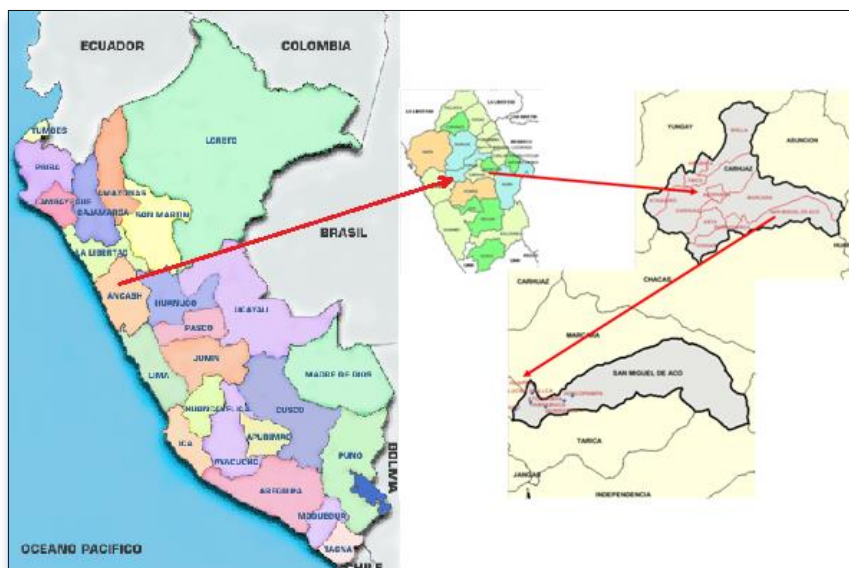
La agricultura representa la actividad productiva principal para las comunidades rurales vinculada a zonas pobres o de países en desarrollo que basan su economía local en una agricultura esencialmente de subsistencia (Gerbens-Leenes, et al., 2003) por ello en este trabajo el concepto de agricultura sostenible resulta importante.

En el Perú muchas comunidades campesinas alto-andinas tienen un bajo nivel cultural y una forma particular de realizar su trabajo agrícola, todavía realizan las actividades de forma artesanal. Eso implica una nula tecnificación y a veces incluso, prácticas culturales que esquilman o aceleran el agotamiento de los escasos recursos existentes. Por ello en el contexto del proyecto iniciado en 2012 “Desarrollo de un modelo matemático computacional para la evaluación de la sustentabilidad del sistema agrícola de la comunidad de Huapra” financiado por la Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo (UNASAM) se consideró necesario evaluar la sustentabilidad agrícola de una de ellas (i.e. Huapra), que a su vez pueda servir como prueba piloto para evaluar esto mismo en otras comunidades de la misma región andina (Stoorvogel, et al., 2004). Así, el presente trabajo se desarrolló en la Comunidad de Huapra perteneciente al Distrito de San Miguel de Aco, Provincia de Carhuaz, departamento de Ancash, en los Andes del Perú (Figura 1). En la actualidad cuenta con una población aproximada de 201 habitantes, población proyectada a una tasa de crecimiento de 0.1% (INEI, s.f.), siendo 120 el número de hombres y 81 mujeres. La población de la zona afectada tiene como principal característica un nivel de vida medianamente pobre, tiene fácil acceso viario por una carretera afirmada que conecta a Huaraz y Carhuaz; siendo la agricultura la ocupación económica fundamental, complementada con una ganadería un tanto precaria. Existe una excesiva fragmentación de las parcelas siendo la propiedad de tipo minifundio (pequeña propiedad). Las labores agrícolas se realizan empleando la fuerza humana y la tracción animal (yuntas). Los aperos de campo más utilizados son las lampas, lampillas y picos.

En una primera etapa del proyecto se evaluó el grado de desarrollo existente en la comunidad de Huapra con el objetivo de realizar recomendaciones para mejorarlo y hacerlo sostenible. En este trabajo se presentan esos resultados preliminares del proyecto desarrollado por los autores para la comunidad de Huapra. Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Identificar con ayuda de la comunidad los principales indicadores de sustentabilidad.
- Representar y cuantificar los diferentes indicadores seleccionados.
- Evaluar la sustentabilidad económico, social y ambiental del sistema agropecuario de la comunidad.
- Establecer recomendaciones para conseguir un desarrollo sostenible.

Figura 1. Localización geográfica de la Comunidad de Huapra.



Fuente: Elaboración propia

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la complejidad de los sistemas a analizar, el determinar la información que resulta decisiva para determinar su sustentabilidad es esencial (Kelly, 1998). Por ello son varias las metodologías que se han propuesto hasta la fecha para modelar la sustentabilidad dependiendo en gran medida de las variables consideradas y los indicadores relacionados con ellas (Todorov and Marinova, 2011).

En este trabajo adoptamos la Metodología para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (i.e. MESMIS) adaptada. MESMIS es una herramienta introducida por (Masera, et al., 1999) para evaluar la sustentabilidad de unidades productivas, con énfasis en el contexto de los productores campesinos, en el ámbito de la finca o de la comunidad, donde se miden los atributos y se definen los criterios de diagnóstico a ser implementados para la recogida de información y los efectos de una intervención al sistema. Según la metodología MESMIS para evaluar los indicadores de sustentabilidad, en este caso de la Comunidad de Huapra, se considera un ciclo de evaluación de 6 pasos para su implementación (Masera, et al., 2008; Speelman, et al., 2008).

Paso 1. Definición del objeto de evaluación (Caracterización de sistemas).

Paso 2. Determinación de los puntos críticos (Identificación de fortalezas y debilidades).

Paso 3. Selección de criterios de diagnósticos e indicadores. (Derivación de indicadores estratégicos).

Paso 4. Medición y monitoreo de indicadores.

Paso 5. Presentación de resultados. (Integración y presentación de indicadores de sustentabilidad).

Paso 6. Conclusiones y recomendaciones.

La localidad de Huapra (Figura 1) cuenta con una extensión de 200 ha de terreno de las cuales 150 ha poseen aptitud para desarrollar cultivos. La explotación de este recurso en la actualidad no es a plenitud, debido fundamentalmente a la precariedad de sus sistemas de riego (la eficiencia de riego se calcula en 30%). La escasa cantidad de agua que se dispone en cabecera de parcela permite al productor practicar una agricultura de autoconsumo, dependiendo en gran medida de las precipitaciones pluviales para tener éxito en sus campañas agrícolas. La Comunidad cuenta con los servicios sociales básicos como centro educativo primario y secundario y el centro de salud, permite a la población tener un nivel educativo básico generalizado en la población infantil y juvenil. Las viviendas tienen los servicios básicos como agua, desagüe, energía eléctrica. En cuanto a los materiales de construcción predominan los materiales semiprocesados; es decir, adobes, tapial, madera labrada, pisos de tierra, tejas y calaminas.

La topografía y relieve del terreno son de forma accidentada propia de los valles interandinos, presentando microclimas diferentes de acuerdo a los pisos altitudinales en que se encuentran. Presenta afloramientos rocosos, con topografía ondulada y pendientes pronunciadas (45%) con áreas forestales y suelos en su mayoría de origen aluvial. El clima varía entre seco y lluvioso según la estación con precipitaciones intensas durante 5 meses de octubre a mayo con incidencia en la erosión del terreno. La humedad relativa y sus variaciones dentro del año dependen del ciclo de las lluvias (SENAMHI, s.f.).

La naturaleza colaborativa del proyecto implica a la propia comunidad. Ganando su confianza y complicidad ha de permitir desarrollar un trabajo de campo al equipo investigador en el que se sientan implicados. Se programaron cuatro actividades:

A1.- Aplicación de las encuestas a 102 comuneros, más de la mitad de los oficialmente empadronados y que quisieron participar voluntariamente en el proyecto (ver ejemplo de encuesta Anexo 1).

A2.- Reconocimiento general del ámbito de influencia de la Comunidad de Huapra, con la finalidad de identificar las unidades productivas en función a la topografía del territorio que pertenece a la Comunidad.

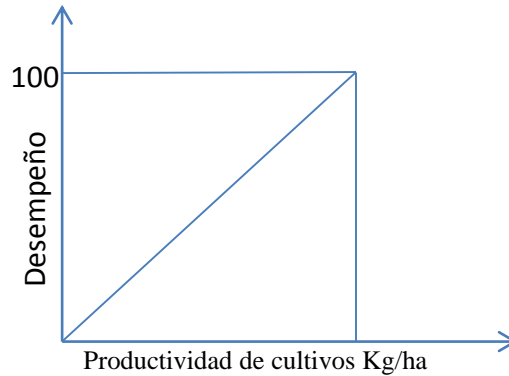
A3.- Levantamiento de información directa de las unidades productivas típicas seleccionadas para realizar el análisis del funcionamiento del sistema productivo. Se consideraron tres unidades en la parte baja, tres en la parte media y tres en la parte alta con la finalidad de elaborar un mapa simple destacando sus componentes productivos, sus interacciones y la forma de su manejo.

A4.- Toma de muestras de suelo (20) para ser llevados al laboratorio para su análisis de caracterización y determinar su nivel de fertilidad. Asimismo, se tomaron las muestras de agua de riego (4) en puntos identificados previamente para ser analizados en todos sus parámetros respectivos.

Con estas cuatro actividades (A1, A2, A3 y A4) de campo se cubrirían los pasos 1, 2, 3 y 4, completándolos con otros datos adicionales se han obtenido de las autoridades y registros oficiales.

Una definición general de un índice de desempeño o indicador es la siguiente: si x representa cualquier valor que puede tomar un indicador I en una escala X (p. ej., ton/ha) y para cada x podemos asignar un valor de desempeño d en una escala arbitraria D (p. ej., 0-100) según cuánto satisface nuestras expectativas en un atributo u objetivo de sustentabilidad, entonces para cada I podemos establecer una función $X \rightarrow D$, que describe el comportamiento de nuestras preferencias sobre X . Esta es una forma muy similar a las funciones de valor aplicadas en el contexto de la toma de decisiones (Beinat, 1997). De esta manera podemos representar el índice de desempeño de indicadores de diferentes tipos. Así por ejemplo podemos representar el desempeño en términos de *Productividad de cultivos* que se mide en Kg/ha, tal como se presenta en la figura 2.

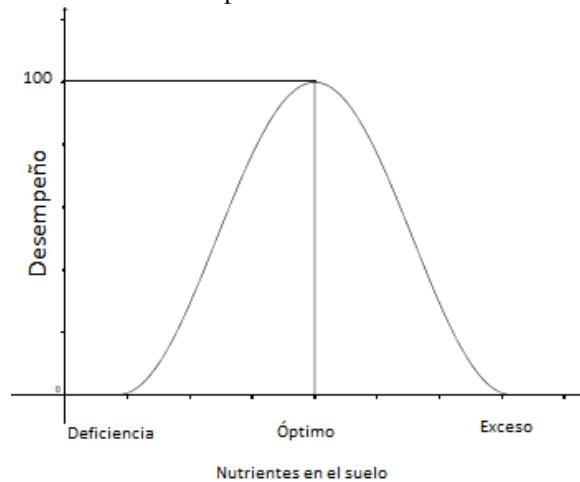
Figura 2: Representación de desempeño en función del indicador de *Productividad de cultivos*



Fuente: Elaboración propia

También se puede representar el índice de desempeño para otros tipos de indicadores, por ejemplo para indicadores que expresan un nivel óptimo en cierto valor, y cuyo valor decrece por arriba o por debajo del valor óptimo. Un ejemplo de ello es la cantidad de nutrientes en el suelo, ver figura 3.

Figura 3: Representación del desempeño en función de cantidad de nutrientes en el suelo



Fuente: (Galván-Miyoshi, 2008)

Y así se pueden ir representando el nivel de desempeño de los diferentes indicadores en una misma escala. Los criterios para medir, en una misma escala, el desempeño de distintos tipos de indicadores van a depender de los diferentes tipos que se presentan a continuación (Galván-Miyoshi, 2008):

Distancia al óptimo. El valor máximo del índice de desempeño se asocia con el nivel óptimo que puede alcanzar el indicador (p. ej. Máximo nivel para la productividad de cultivos). La distancia al óptimo puede ser expresada de la siguiente forma:

$$d = \left(\frac{V}{V_0}\right) 5$$

donde d es el nivel de desempeño, V es el valor que toma el sistema en el indicador, V_0 es el nivel óptimo para el indicador y 5 el valor máximo en la escala del nivel de desempeño, que es el valor asumido en este trabajo. En caso de indicadores que se quieran minimizar se reemplaza (V/V_0) por (V_0/V) .

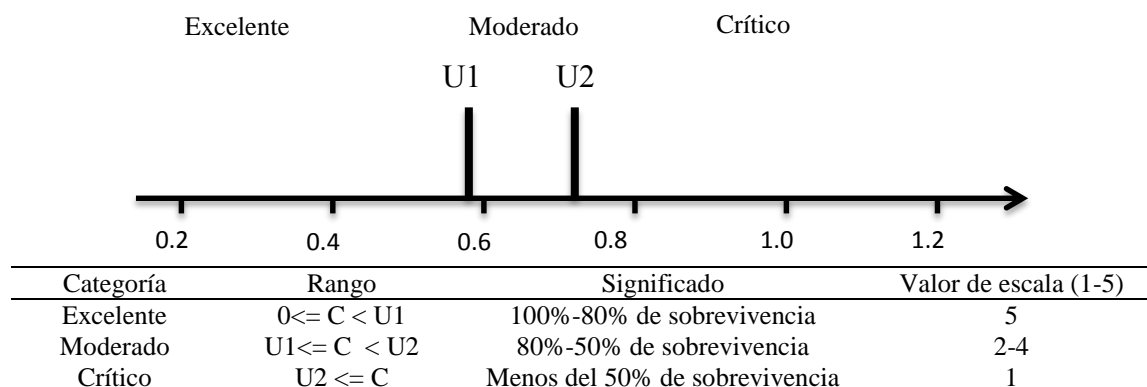
Intervalo de referencia. En algunos casos es necesario manejar un umbral crítico para representar el peor valor posible que puede tener el indicador (p. ej. Máxima erosión tolerable del suelo), la fórmula de representación de este tipo de indicador se puede calcular de la siguiente manera:

$$d = \left(\frac{V_{max}-V}{V_{max}-V_{min}}\right) 5 \quad (1)$$

donde V_{min} es el óptimo y V_{max} el umbral crítico. En el caso que se quiera maximizar hay que cambiar $(V_{max}-V)$ por $(V-V_{min})$, donde V_{max} sería el óptimo y V_{min} sería el umbral crítico.

Valores categóricos. Son aproximaciones donde el nivel de desempeño se valora teniendo en cuenta una escala ordinal donde los valores como: 1,2,3,... representan valores categóricos como alto, medio, bajo, ... A veces estos valores categóricos resultan de transformaciones de las variables numéricas subyacentes a partir de determinados valores umbrales (p. ej. *Contaminación del agua*). La figura 4 muestra valores categóricos (Excelente, moderado y crítico) para un indicador de *Contaminación de agua*, en este caso basado en la concentración de cobre (mg/l) y los umbrales establecidos para la definición de cada categoría con su significado correspondiente.

Figura 4: Concentración de cobre en mg/l. Adaptado de Beinat (1997)



Para la presentación de los resultados (Paso 5) se ha elegido una representación gráfica de “tela de araña” en la que en cada eje se representa uno de los indicadores, I_i , normalizados en una escala like de cinco (i.e. $I_i \in [0,5]$) siendo el valor del indicador el resultado de la normalización individual de cada variable multiplicado por cinco como se indica en (1). La obtención de indicadores reclama gran parte de la atención en las evaluaciones de sustentabilidad (Kelly, 1998). Éstos son un elemento central en el proceso de evaluación, pero sin un manejo adecuado de la información que contienen, pueden resultar poco útiles e incluso contraproducentes como herramienta de de comunicación en la toma de decisiones participativas (Galván-Miyoshi, 2008).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros resultados importantes se obtuvieron tras la aplicación de las encuestas (Anexo 1) en distintas visitas a la comunidad. La comunidad de Huapra fue convocada por su Presidente de forma conveniente para participar en el proyecto. En total fueron 102 comuneros oficialmente empadronados de un total de doscientos, quienes se presentaron y consistieron en ser encuestados. Las encuestas se llevaron a cabo durante los meses de junio y julio del 2012. Con los resultados, se volcaron en el ordenador donde los datos fueron tratados estadísticamente para obtener los primeros descriptores. Sin embargo, para los fines de la evaluación se priorizaron los indicadores de sustentabilidad que se detallan en el cuadro 1. Se consideró necesario hacer uso de algunos indicadores tecnológicos que permita medir el desempeño en el manejo de las unidades productivas y como estas son eficientes o tienen debilidades en la mejora de la productividad. Es importante indicar que dichos indicadores se agruparon desde la perspectiva económica, social y ambiental, esta forma de abordar permitió tener una visión integral en el funcionamiento de las unidades productivas de la comunidad de Huapra. La selección de indicadores no fue inmediata ni evidente sino que fue realizada de forma conjunta con expertos del proyecto y la comunidad siendo el resultado de varias sesiones de discusión.

Cuadro1: Selección de indicadores de sustentabilidad en la comunidad de Huapra

| N° | Indicador | Grupo |
|----|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | Productividad de cultivos | <i>Indicadores Económicos</i> |
| 2 | Ingresos diversificados | |
| 3 | Asistencia técnica | |
| 4 | Autosuficiencia alimentaria | |
| 5 | Agrobiodiversidad sustentable | |
| 6 | Integración familiar | <i>Indicadores Sociales</i> |
| 7 | Nivel de pobreza | |
| 8 | Grado de instrucción | |

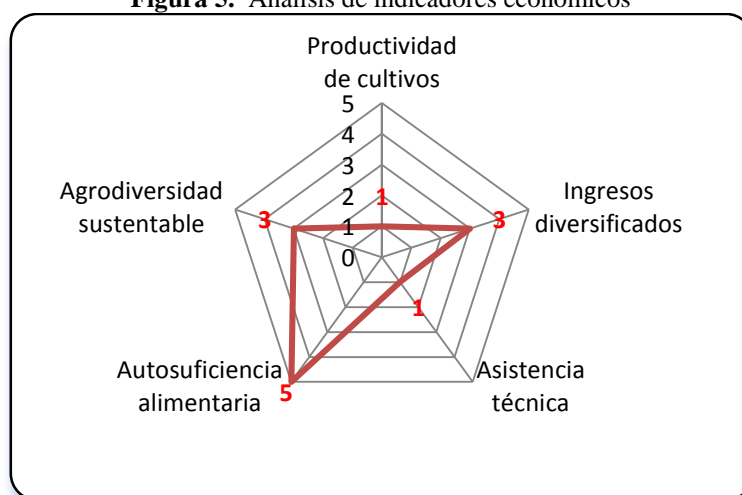
| | | |
|----|--|--------------------------------|
| 9 | Frecuencia de enfermedades por año | <i>Indicadores Ambientales</i> |
| 10 | Biodiversidad | |
| 11 | Disponibilidad de agua | |
| 12 | Implementación de prácticas para la conservación de suelos | |
| 13 | Prácticas para el manejo de residuos sólidos y líquidos | |
| 14 | Prácticas para el manejo de plagas y enfermedades | |
| 15 | Inocuidad del agua | |
| 16 | Nivel de fertilidad | |
| 17 | Uso de prácticas conservacionistas | |

Análisis de indicadores económicos

En base a los resultados de las encuestas y a las visitas de las parcelas se ha analizado el comportamiento de indicadores seleccionados y priorizados a nivel económico. En la figura 5 podemos observar que el principal punto crítico del sistema es la baja productividad de los cultivos y del predio en su conjunto, los rendimientos están por debajo del promedio nacional en todos los cultivos que se cultivan en la comunidad, esta situación se debe principalmente a la falta de asistencia técnica y al abandono en que se encuentran los productores.

Sin embargo, a pesar de esta baja productividad, el hecho de ser unidades productivas diversificadas (integración de la agricultura, ganadería y forestal) permite que las familias tengan una relativa autosuficiencia alimentaria y sus ingresos estén sustentados en algunas épocas por la venta de los excedentes de los cultivos, por el venta de los animales y por la venta de los árboles forestales como los eucaliptos. Se puede afirmar que esta estrategia le ha permitido a las familias de la comunidad de Huapra a enfrentar los diversos riesgos.

Figura 5. Análisis de indicadores económicos



El manejo del sistema productivo desde el enfoque de la diversificación ha sido el medio propicio para que se conserven hasta la actualidad variedades locales de maíz amiláceo, papa, cereales, entre otros, esta forma de conservación de estos recursos a pesar de sus bajos niveles de productividad representa un aporte importante en la conservación de los recursos fitogenéticos, que recién viene siendo valorado por los diferentes actores sociales por su valor en la seguridad y la soberanía alimentaria.

Esta forma de manejo de las parcelas tiene una contribución directa a la autosuficiencia alimentaria, que es muy valorada por las familias campesinas. Siendo esto un aporte importante, pero se ha determinado que no es suficiente para combatir la pobreza y la extrema pobreza, mucho menos los problemas de desnutrición que afectan a las poblaciones rurales. En cuanto a la disponibilidad de agua, en las partes altas de la localidad (4200 m.s.n.m.) los aforos de agua que se disponen, eficientemente conducidos podrían suministrar el agua suficiente para mejorar el rendimiento de las campañas agrícolas.

Análisis de indicadores Sociales

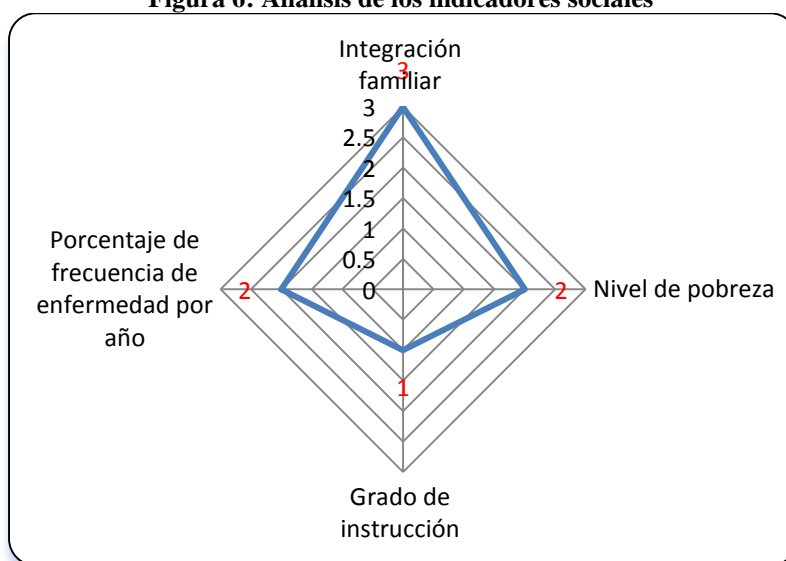
A nivel de los indicadores sociales, ver figura 6, un atributo crítico está relacionado con el grado de instrucción de los comuneros, la mayoría solo tiene primaria completa y existe un grupo de analfabetos, este indicador se

convierte en el factor que impacta en el comportamiento de los otros indicadores de sustentabilidad social, que se traduce en la baja productividad, limitada capacidad para relaizar innovaciones tecnológicas, falta de iniciativas para organizarse y muchas limitaciones para articularse a los mercados locales y regionales.

Por lo indicado, casi la totalidad de la comunidad de Huapra se encuentra en condiciones de pobreza, hay un alto índice de desnutrición infantil, la frecuencia de incidencia de enfermedades en la población es alta y los recursos disponibles en las unidades productivas no son suficientes para atender sus necesidades básicas. A pesar de ello, logran enfrentar la adversidad del clima y de sus propias limitaciones poniendo en práctica la racionalidad ancestral de diversificar su actividad económica y productiva en función a los pisos ecológicos y otras actividades no agropecuarias, sin esta estrategia es posible que las comunidades como Huapra podrían haber entrado en una situación de abandono y desaparición, pero gracias a su cosmovisión y la capacidad de enfrentarse a los riesgos les esta permitiendo sobrevivir.

Otro mecanismo que usan las familias de Huapra es la necesidad de integrar la familia, como un mecanismo de sumar fuerzas para la gestionar la producción en las unidades productivas; la mano de obra es cada vez más escasa, el costo de los jornales es mayor y no es fácil competir con los proyectos de inversión que generan empleo muy superior a lo que se paga en campo. Esta situación está propiciando nuevos relacionamientos de las comunidades con otras, que ayudan a enfrentar los puntos críticos de la sustentabilidad.

Figura 6: Análisis de los indicadores sociales



Análisis de indicadores ambientales

Las unidades productivas de la comunidad de Huapra se caracterizan por su buen nivel de diversificación productiva, aunque estas no están adecuadamente organizadas juega un rol importante en la estabilidad del sistema productivo en general y esto ha sido una práctica tradicional histórica que se ha transmitido de generación en generación, sin embargo, esta comunidad se ha dejado influenciar a través del tiempo y ha adoptado el uso de los fertilizantes sintéticos y plaguicidas para el manejo de sus cultivos.

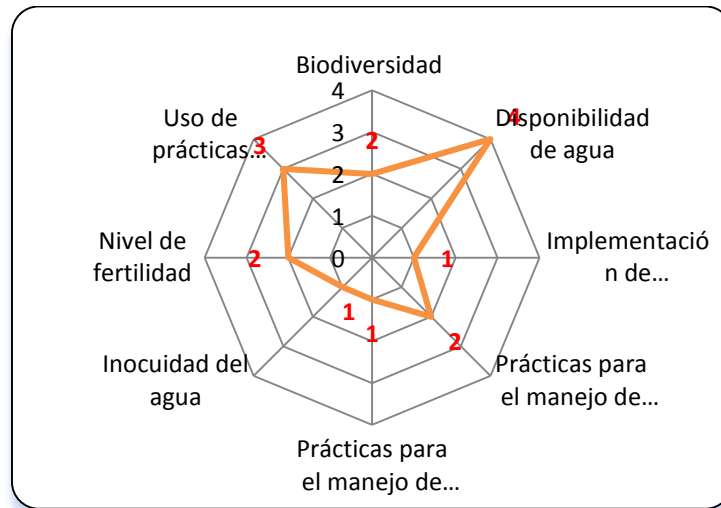
Por lo tanto, es el indicador que tiene un efecto directo sobre el medio ambiente y está vinculado al uso de los insumos químicos (fertilizantes y plaguicidas) y muchos comuneros hacen uso de plaguicidas de alta toxicidad. Esta afirmación se sustenta porque se encontraron las muestras de veneno y la mochila fumigadora en las instalaciones de la vivienda, además de las respuestas a las encuestas aplicadas. También fue sorprendente escuchar a los propios comuneros manifestando que ya “ni los venenos no ayudan a mejorar la producción, solo gastamos la plata por gusto”, el cual es cierto, porque los rendimientos de los cultivos es muy bajo. Por lo tanto la aplicación de estos insumos sería la fuente principal de la contaminación de suelos y aguas dentro de la comunidad.

Un indicador de sustentabilidad es la disponibilidad del recurso hídrico, el cual está disponible pero tienen dificultades en la distribución y en su calidad, a esta situación se suma la presencia de metales pesados como el cadmio, plomo y mercurio que superan los límites máximos establecidos, este resultado es una alerta para poder identificar con mayor detalle las causas de este problema.

Otros indicadores que directamente afectan a la sustentabilidad del sistema productivo es el nivel de fertilidad del suelo, porque de ello depende la productividad del sistema y las prácticas empleadas para el manejo de las plagas y enfermedades, ambos se encuentran en una situación crítica, por lo que será siempre una limitante si estas no se corrigen oportunamente dentro de la estrategia de desarrollo de la comunidad (ver figura 7)

El resto de indicadores seleccionados se encuentran en un nivel medio de influencia al sistema, pero para hacer que contribuyan con mayor eficiencia a la productividad de parcela se requiere que éstas sean potenciadas o priorizadas dentro del manejo integral de las unidades productivas.

Figura 7: Análisis de los indicadores ambientales



De la integración de los indicadores de sustentabilidad se logra observar (ver figura 8) tres características básicas de las unidades productivas de la que se derivan recomendaciones para la comunidad de Huapra:

En **primer lugar** el sistema productivo es básicamente de autosubsistencia, el conjunto de actividades que realiza la familia solo sirve para atender su seguridad alimentaria, el excedente que se genera es muy reducido, por lo que su articulación al mercado no tiene mucha importancia en la dinámica económica de la comunidad. Esta situación, se traduce en mayores niveles de pobreza y de desnutrición en especial de los niños. Las causas fundamentales de esta situación se debe a nivel muy bajo de educación de los miembros de la comunidad (primaria incompleta y completa), que se convierte en una barrera estructural para impulsar procesos de innovación y modernización tecnológica para manejar el sistema productivo.

Figura 8: Integración de los indicadores de sustentabilidad



En **segundo lugar** el sistema productivo se caracteriza por su alto nivel de diversificación productiva y baja o nula tecnificación. La diversificación es positiva ya que permite atenuar la situación de pobreza y preservar la

biodiversidad mediante la conservación de variedades locales de maíz, papa y otros cultivos tradicionales, que no son visibilizados y muchas veces se ignora su valor como recurso genético (véase el caso reciente de la quinoa). Es sorprendente que a medida que las familias son más pobres más diversidad tienen en su sistema productivo, el cual es valioso desde el lado de la conservación pero no tanto desde el lado de la mejora de los ingresos económicos.

En **tercer lugar** el sistema productivo manejado por los comuneros de Huapra presenta distorsiones de carácter tecnológico y ambiental, el cual se debe a que incorporan en el manejo de la fertilidad del suelo y el manejo de las plagas y enfermedades el uso de insumos químicos como fertilizantes y plaguicidas. Desde el enfoque de la sustentabilidad, en especial bajo las condiciones sociales, ecológicas y geográficas en que se encuentra la comunidad más que obtener beneficios generan efectos colaterales como la contaminación del agua y suelo, y los efectos en la salud a las propias familias de los comuneros. Esta situación, se debe a que la comunidad se encuentra en una situación de abandono, no tienen asistencia técnica, no hay programas de desarrollo productivo, por lo tanto, realizan sus actividades tradicionalmente, reproduciendo el problema en el tiempo.

Como se puede apreciar el método de análisis de la sustentabilidad del sistema productivo, en esta oportunidad sólo ha determinado el estado actual de lo que viene sucediendo en la comunidad de Huapra, a partir de esta información básica habrá que realizar cierta intervención para poder modificar este escenario de manera positiva, esto puede ser mediante un programa de capacitación y asistencia técnica, y después de un tiempo volver a realizar la misma evaluación y se determinará el nivel de cambio logrado.

Existen varios trabajos que evalúan la sustentabilidad en comunidades rurales andinas como Stoorvogel et al. (2004) y otros que enfatizan más el uso de una metodología concreta como MESMIS (Speelman et al., 2008). En nuestro caso, cabe destacar que los resultados aquí presentados y su interpretación son muy parecidos a los de un estudio similar realizado en la Comunidad San José de Cusmapa - Nicaragua (Arnés, 2011). Estas similitudes radican en la dispersión geográfica de la población estudiada, su actividad económica principal y su nivel educativo, así como el uso de la misma metodología. La principal evidencia sería la orografía del terreno y el clima que inciden en los indicadores medioambientales. Esto evidencia que a pesar de la distancia de las dos comunidades, su evaluación de sustentabilidad puede resultar similar al compartir el nivel de pobreza (y lo que ello conlleva a nivel económico-social) y la agricultura como actividad principal de subsistencia.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Una de las principales contribuciones de este trabajo es la identificación de los indicadores que permitan hacer una evaluación de la sustentabilidad y su seguimiento a lo largo del tiempo en comunidades rurales andinas. Esto se ha conseguido mediante un proyecto colaborativo que implica a la propia comunidad, ganado su confianza, conociendo la realidad in situ, hablando con los pobladores y sus autoridades.

La presentación gráfica de los resultados ha permitido visualizar e interpretar mejor la sustentabilidad de la comunidad de Huapra. Así, el sistema productivo de la comunidad es básicamente de auto-subsistencia. El conjunto de actividades que realiza la familia solo sirve para atender su seguridad alimentaria, el excedente que se genera es muy reducido, por lo que su articulación al mercado no tiene mucha importancia en la dinámica económica de la comunidad. Esta situación, se traduce en mayores niveles de pobreza y de desnutrición en especial de los niños.

- Las causas fundamentales de esta situación se debe a nivel muy bajo de educación de los miembros de la comunidad (primaria incompleta y completa), que se convierte en una barrera estructural para impulsar procesos de innovación y modernización tecnológica para manejar el sistema productivo.
- El sistema productivo se caracteriza por su alto nivel de diversificación productiva, la presencia en el sistema de componentes productivos como el agrícola, ganadero y forestal, es una de las razones porque el sistema por lo menos contribuye a la auto-subsistencia de las familias, si no existiera esta estrategia de manejo la situación de pobreza sería mucho más crítico.
- También la diversificación del sistema está permitiendo a la conservación de los recursos de la agrobiodiversidad y la conservación de las variedades locales de maíz, papa y otros cultivos, que no son visibilizados y muchas veces se ignora su valor como recurso genético.
- Se ha encontrado que las familias más pobres son las que más diversifican su sistema productivo, el cual es valioso desde el lado de la conservación pero no tanto desde el lado de la mejora de los ingresos económicos.
- Existen distorsiones de carácter tecnológico y ambiental en el manejo de las unidades productivas, el cual se debe a que incorporan en el manejo de la fertilidad del suelo y el manejo de las plagas y enfermedades el uso de insumos químicos como fertilizantes y plaguicidas.
- Desde el enfoque de la sustentabilidad, en especial bajo las condiciones sociales, ecológicas y geográficas en que se encuentra la comunidad más que obtener beneficios generan efectos colaterales como la contaminación del agua y suelo, y los efectos en la salud a las propias familias de los comuneros.

Como trabajo futuro queda el seguimiento de las recomendaciones entregadas a la comunidad y la reevaluación de la sustentabilidad para la introducción si procede de medidas correctivas. Algunas acciones ya se han realizado en este sentido y serán objeto de una nueva publicación en un futuro próximo.

AGRADECIMIENTOS. Los autores quieren agradecer el apoyo recibido por la Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo (UNASAM) por la financiación del proyecto “Desarrollo de un modelo matemático computacional para la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola de la comunidad de Huapra”. También a la Oficina de Cooperación y Solidaridad de la Universidad de Lleida a través del proyecto titulado “Modelo de desarrollo agrario sostenible para la comunidad campesina de Huapra (PERÚ)”.

RECEIVED: MAY 2015
REVISED NOVEMBER 2015

REFERENCIAS

- [1] ARNÉS, E., (2011): Desarrollo de la metodología de evaluación de sostenibilidad de los campesinos de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua), s.l.: **Tesis de Máster. Universidad Politécnica de Madrid.**
- [2] ASTIER, M., L. GARCÍA-BARRIOS, Y. GALVÁN-MIYOSHI, C. E. GONZÁLEZ-ESQUIVEL, and O. R. MASERA. (2012): Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). **Ecology and Society** 17, 1-25
- [3] BEINAT, E., (1997): **Value functions for environmental management.** Kluwer Academic Publisher, London.
- [4] GALVÁN-MIYOSHI, Y., (2008): Integración de indicadores en la evaluación de sustentabilidad: de los índices agregados a la representación multicriterio. En: M. Astier, O. Masera & Y. Galván-Miyoshi, eds. **Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional.** España: SEAE, pp. 95-117.
- [5] GERBENS-LEENES, P., MOLL, H. and SCHOOT UITERKAMP, A., (2003): Design and development of a measuring method for environmental sustainability in food production systems. **Ecological Economics**, 46, 231-248.
- [6] Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015):- **INEI.** Disponible en: <http://www.inei.gob.pe> [Último acceso: 16 febrero 2015].
- [7] MASERA, O. Y OTROS, (2008): El Proyecto de evaluación de sustentabilidad MESMIS. En: M. Astier, O. Masera & Y. Galván-Miyoshi, eds. **Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional.** España: SEAE, 13-23.
- [8] KELLY, K.L., (1998): A system approach to identifying decisive information for sustainable development. **European Journal of Operational Research** 109, 452-464.
- [9] LÓPEZ-RIDAURA, S; O MASERA and M ASTIER, (2002): Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. the MESMIS framework. **Ecological Indicators** 2, 135-148.
- [10] MASERA, O., OSTIER, M. and LOPEZ-RIDAURA, S., (1999): **Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de Evaluación MESMIS.** Ed. Mundiprensa – GIRA – UNAM, México.
- [11] PAYRAUDEAU, S. and VAN DER WERF, H. M., (2005): Environmental impact assessment for a farming region: a review of methods. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 107, 1-19.
- [12] PLÀ, L.M.; SANDARS, D. and HIGGINS, A. (2014): A perspective on Operational Research prospects for agriculture. **Journal of the Operational Research Society**, 65, 1078–1089.
- [13] SENAMHI, (2015):. **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI.** Disponible en: <http://www.senamhi.gob.pe> [Último acceso: 16 febrero 2015].
- [14] SPEELMAN, E., ASTIER, M. and GALVÁN-MIYOSHI, Y., (2008): Sistematización y análisis de las experiencias de evaluación con el marco MESMIS: lecciones para el futuro. En: M. Astier, O. Masera & Y. Galván-Miyoshi, eds. **Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional.** España: SEAE, 25-38.
- [15] STOOBVOGEL, J., ANTLE, J. and CRISSMAN, C., (2004): Trade-off analysis in the Northern Andes to study the dynamics in agricultural land use. **Journal of Environmental Management**, 72, 23-33.
- [16] TODOROV, V. MARINOVA, D. (2011): Modelling sustainability. **Mathematics and computers in simulation** 81, 1397-1408
- [17] WHITE, L., LEE, G.H. (2009): Operational research and sustainable development: Tackling the social dimension. **European Journal of Operational Research**, 193, 683-692