

# Evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia en San José de Cusmapa, Nicaragua

ESPERANZA ARNÉS PRIETO (\*)

OMAR MARÍN GONZÁLEZ (\*)

ALICIA MERINO ZAZO (\*)

CARLOS G. HERNÁNDEZ DÍAZ-AMBRONA (\*)

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura familiar está representada por 2,5 mil millones de personas (Sumpsi, 2011) y produce más del 70% de los alimentos del planeta (Banco Mundial, 2008; Trueba y MacMillan, 2011). En Nicaragua el 44,1% de la población vive en áreas rurales (1) (INIDE, 2006), la economía campesina y familiar representa cerca del 50% del valor bruto de la producción agropecuaria (García Ruiz, 2011). La agricultura familiar, tiene una gran incidencia sobre la conservación de los recursos naturales y las tradiciones socioculturales (Clapp, 1998; Altieri y Nicholls, 2000).

La sostenibilidad es un concepto multidimensional, que evalúa las relaciones del sistema entre sus aspectos ambientales, sociales y económicos. Aunque la idea de sostenibilidad en la agricultura se puede intuir en textos de los antiguos griegos, romanos y chinos (Pretty, 2008), el concepto de

---

(\*) Departamento de Producción Vegetal: Fitotecnia. Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano (CITDH). Centro de estudios e Investigación para Gestión de Riesgos Agrarios y Medioambientales (CEIGRAM). Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.

(1) Considerando las áreas rurales por los municipios con población inferior a 2.500 personas.

---

- Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 236, 2013 (171-197).

Recibido junio 2013. Revisión final aceptada enero 2014.

sostenibilidad fue acuñado terminológicamente a mediados del s.XX y definido como algo socialmente deseable, económicamente viable y ambientalmente prudente (Sach, 1981). En esta época, el término surgió para alertar sobre los daños en los bienes naturales en que se estaba incurriendo en nombre del crecimiento económico para dar solución a la pobreza característica en los países subdesarrollados. Pero no fue hasta 1987, cuando fue incluido en el Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (“Informe Brundtland”)<sup>(2)</sup>. Dicho informe lo definió como: “*which implies meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*” (World Commission on Environment and Development, 1987 pp. 33). Desde entonces el concepto de sostenibilidad se ha consolidado internacionalmente a pesar de su ambigüedad (Lehman et al., 1993; Hansen, 1996; Naredo, 1996). Ambigüedad, debida a que no existe un concepto universal e intemporal de lo que representa la sostenibilidad, como lo expresan González de Molina y Guzmán Casado (2006), por lo que su objetivo cambia, por eso existen además números formas teóricas y metodológicas para medir la sostenibilidad. Por tales razones, se distingue entre sostenibilidad fuerte y sostenibilidad débil, enfoques que derivaron de la actual economía ecológica y economía ambiental respectivamente (Pearce y Atkinson, 1992; Turner, 1993, CEPAL, 2003, Redclift, 2005). Por ello, el concepto sigue siendo objeto de estudio en diferentes disciplinas y trabajos actualmente vigentes (Ostrom, 2009; Chapin et al., 2010).

La sostenibilidad en la agricultura tiene tres enfoques fundamentales: (i) El enfoque que relaciona una agricultura sostenible con aquella capaz de satisfacer la demanda de alimentos; (ii) el que apunta a una mejora en la calidad del medio natural; y (iii) el que aboga por el mantenimiento del medio rural como fuente de tradiciones, cultura y economía a pequeña escala (Smit y Smithers, 1993). Sin embargo, a la hora de intentar buscar la forma de alimentar a una población mundial, cada día más numerosa, optimizando los recursos naturales y manteniendo el acervo cultural vigente, se desatan debates de índole ideológica y pragmática que se contradicen entre sí, poniendo en entredicho la utilidad del concepto de

---

(2) También llamado así pues la comisión fue encabezada por la doctora Gro Harlem Brundtland.

agricultura sostenible (Gomiero, 2011). Surgen corrientes como la intensificación sostenible que busca, tanto el incremento de la producción en el mismo área, como el aumento del capital natural y el flujo de servicios ambientales aprovechando las tecnologías y el capital social (Pretty, 2008; Godfray et al., 2010). La intensificación sostenible es criticada por alentar un creciente productivismo sin plantearse modelos de consumo alimentario, o una mejora en la redistribución de los alimentos a escala mundial (Pfeifer, 2006; Patel, 2008). De la misma manera, se utiliza el término agricultura sostenible como sinónimo de agroecología (Altieri, 1995; Gliessman, 1998), concepto que enfatiza la parte sociocultural del paisaje rural otorgándoles a las pequeñas agriculturas familiares un rol fundamental (Toledo, 1993; Altieri 1999).

Muchas comunidades campesinas practican agricultura de subsistencia, que tiene como principales finalidades: i) el autoconsumo, ii) el uso de pocos insumos y iii) el pequeño porcentaje de productos comercializados. En ocasiones, la agricultura de subsistencia se utiliza como sinónimo de agricultura familiar, aunque esta última tiene definiciones más generales y varía en función de un país u otro (Morton, 2007), siendo muy diferentes al carácter comercial que tiene en los países desarrollados (Moreno, 2012). Según la FAO, la agricultura familiar está formada tanto por trabajadores agrícolas por cuenta propia como por los empleadores, de hasta cinco personas ocupadas; incluyendo el mismo productor, familiares no remunerados, y trabajadores temporales o permanentes (García Ruiz, 2011). En Nicaragua, el 49,3% de la población rural practica agricultura familiar, siendo el 38,2% de subsistencia. En Nicaragua, al igual que en otros países en vías de desarrollo, son características propias de ambos tipos de agricultura, el difícil acceso a la tierra y a la vivienda, aunque en el país la superficie de suelo agrícola media por persona es de 5,65 ha y el 90% de las viviendas son propias (García Ruiz, 2011).

Ha habido muchos avances en cuanto a formas y maneras de medir la sostenibilidad de un sistema agrícola (Smyth y Dumanski, 1994; Stockle et al., 1994; Mitchell et al., 1995; Lewandowski et al., 1999; López-Ridaura et al. 2002; Astier et al., 2012). La evaluación puede estar orientada a analizar un objetivo concreto o el funcionamiento del sistema en su totalidad haciendo hincapié en aspectos funcionales y en relaciones de re-

ciprocidad (Holling, 2001). Un marco sistémico busca la sostenibilidad del sistema en su conjunto, no la de sus partes por separado, eso la hace una herramienta más completa y flexible (Astier et al. 2008). Por ello han de ser capaces de adecuarse a las necesidades locales del sistema, atendiendo a la diversidad ambiental y sociocultural, pero sin perder de vista la perspectiva global que ayuda a planificar a distintas escalas.

El propósito de este estudio es evaluar la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia en zonas de montaña en el subtrópico centro americano. Se pretende evaluar los indicadores relacionados con la agricultura de subsistencia que derivan de unos puntos críticos identificados. Tras su análisis, se establece una puntuación de los indicadores evaluados y se comparan con un valor considerado el deseable para la región y el contexto de estudio. De esta manera se consigue conocer la situación actual del sistema evaluado.

## 2. METODOLOGÍA

La zona de estudio se sitúa en el municipio de San José de Cusmapa, departamento de Madriz en Nicaragua, que es representativa de la agricultura de montaña centroamericana. Es una zona de montaña con una altitud media de 1.290 msnm, con pendientes pronunciadas del 15% al 20%, la vocación principal del uso del suelo es forestal. El clima es subtropical seco, se caracteriza por tener una marcada estación seca de seis meses de duración y otra lluviosa, la precipitación media anual está entre los 1.200 mm y 1.400 mm y la temperatura media anual es de 27 °C. Los suelos son poco profundos (menos de 40 cm), lo que condiciona su uso agrícola. El uso actual del suelo es un 86% agropecuario, dejando un 12,5% para el uso forestal y el restante 0,5% es suelo urbanizado. La inadecuada actividad agrícola en zonas en pendiente origina problemas severos de erosión y deslizamientos.

San José de Cusmapa cuenta con una densidad de población superior a 54 habitantes/km<sup>2</sup>. El 81% de la población ocupa de forma dispersa el territorio y tan sólo el 19% está en la cabecera municipal (Pereira Vilchez et al., 2012). Cada familia posee una media de 3,6 ha (Merino Zazo, 2012). La producción agrícola existente es mayoritariamente para auto-

consumo, lo que supone una alta vulnerabilidad de los rendimientos ante la variabilidad meteorológica, la calidad de la semilla o por la disponibilidad de otros insumos, como pasa en la mayoría de las agriculturas de subsistencia (Morton, 2007).

## 2.1. Toma de datos

Se seleccionaron 11 comunidades del municipio de San José de Cusmapa: El Apante, El Roble, Imírez, El Jobo, La Fuente, Los Llanitos, El Mamey, El Mojón, El Rodeo, El Terrero y Ángel 2. En estas comunidades se había aplicado la metodología de extensión agraria de las “Escuelas de Campo para Agricultores” por parte de la organización nicaragüense: Instituto de Formación Permanente (INSFOP).

El tipo de herramienta utilizado para obtener la información fue la encuesta. Se descartó el Censo Nacional Agropecuario de 2011 ya que los datos que se necesitaban por comunidad estaban agregados a nivel municipal. De un universo muestral de 2.572 residentes en las 11 comunidades, considerando un nivel de confianza del 99% y un error muestral de 0,054, el tamaño de la muestra fue 80. Este fue el número de encuestas semiestructuradas realizadas durante los meses de julio y agosto de 2010. Para seleccionar los agricultores a entrevistar, se realizó un “Muestreo de cuotas”. Es un tipo de muestreo no probabilístico que exige un conocimiento previo de la población para poder estratificar la muestra. Como no hubo base de sondeo, se dejó al encuestador la selección de los componentes de la muestra, proponiendo las características (cuotas) que deben reunir. Las cuotas fueron de tipo geográfico y en función de su participación previa en proyectos de desarrollo con el INSFOP, denominándose al método en sí: “Método de rutas” (Rodríguez Osuna, 1991).

El cuestionario se basa en un diseño previo realizado en el municipio nicaragüense de la Concordia (González de Miguel et al., 2009). La encuesta contó con siete secciones y dos anexos. Las secciones son: (a) información socio-demográfica, con preguntas sobre género, edad, características del jefe del hogar, nivel de estudios y número de personas en el hogar; (b) características de la vivienda, con preguntas referentes a la propiedad de la vivienda y características del hogar; (c) características

agrícolas, con cuestiones sobre las actividades productivas principales y secundarias, tipo de cultivos y superficie dedicada por cultivo implementado por la familia, otras características de las propiedades del hogar y activos agrícolas; (d) datos ambientales-ecológicos: se recogen características de las prácticas agroforestales y de la pendiente de las parcelas cultivadas; (e) participación en organizaciones comunales: se recopila información sobre organizaciones, capacitaciones y programas en los que el encuestado ha participado y su opinión sobre los proyectos de capacitación agraria recibidos; (f) opiniones y percepciones: el encuestado es preguntado sobre los problemas para mejorar la producción y mejorar los ingresos de su familia, así como su valoración sobre los cambios de su hogar en los tres últimos años. Se incluyen también en esta sección preguntas sobre el nivel de dificultad para encontrar mano de obra; (g) participación en el mercado del crédito, contempla preguntas sobre las características de los créditos recibidos en el último año. Los anejos de la encuesta recogen el manejo de los cultivos y los ingresos y costes. El anejo manejo de cultivos recoge los datos sobre las actividades realizadas en cada uno de los cultivos y los insumos utilizados. El anejo ingresos y costes solicita los datos sobre el coste de las diferentes actividades e insumos utilizados y los ingresos derivados de las actividades realizadas. Las respuestas de la encuesta son: de cadena, donde el encuestado escribe la respuesta numérica o de cadena; categóricas, en las que el encuestado tiene que elegir una opción; variables multiopción, donde el encuestado puede seleccionar más de una respuesta y cuadros a rellenar con respuestas de cadena numérica o de cadena. El tiempo medio empleado en cada encuestado fue de una hora y media, sin contar el tiempo dedicado a la visita de las parcelas cultivadas.

## 2.2. Método para la Evaluación de Sostenibilidad

El método seguido para evaluar la sostenibilidad es una aproximación del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los recursos naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad (MESMIS), adaptándolo a la particularidad de los sistemas agrarios objeto de estudio en la medida de lo indicado por González de Molina y Guzmán Casado (2006). Este marco presenta una estructura flexible para adaptarse a diferentes niveles

de información, contexto y capacidades técnicas locales disponibles (López-Ridaura et al., 2002). Busca relacionar de manera integral tanto las limitaciones como las oportunidades para la sostenibilidad de los sistemas de manejo que surgen de la intersección de procesos ambientales con el ámbito social y económico. Aunque el MESMIS recomienda un planteamiento participativo, los agricultores fueron tan sólo entrevistados y no se les pudo involucrar directamente en el proceso de elaboración de puntos críticos ni de indicadores. Según la tipología de participación en la clasificación que hace Pretty et al. (1995) podríamos incluir este estudio entre la “participación por incentivos materiales”, “la participación en el suministro de información” y “la participación funcional”.

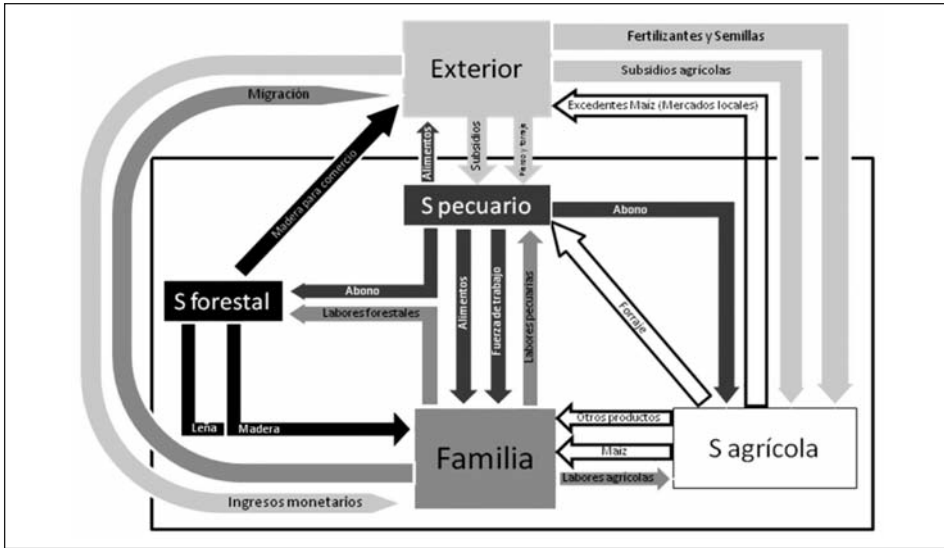
Además de las encuestas, se han tomado datos de trabajos previos realizados en la zonas (Nuñez Osorio, 2008; Merino Zazo, 2012; Báez Martín, 2012). Se definieron siete atributos generales para la sostenibilidad: Productividad, Equidad, Resiliencia, Estabilidad, Confiabilidad, Adaptabilidad y Autogestión (3) (Mäser et al., 1999). Para concretar los atributos generales que definen la metodología y tornarlos más operativos, se definen los criterios de diagnóstico a partir de las características del sistema a evaluar. La Figura 1 muestra el diagrama relacional teórico del sistema en estudio, recoge las relaciones entre los subsistemas agrícola, pecuario, forestal y familiar y a su vez con el exterior, ya sea por medio de flujos monetarios, de personas o de materiales. La productividad del subsistema agrícola y pecuario va a ser determinante para la familia ya que su alimentación depende casi exclusivamente de ellos. Existen casos de agricultores que reciben ingresos monetarios provenientes del exterior, ya sea a través de remesas, de trabajos temporales fuera de la comunidad o por subsidios estatales. La diversidad y riqueza ecosistémica están relacionadas con el logro de mejores estrategias de adaptación al entorno, tanto a cambios bruscos como graduales, lo que asegura una mayor fortaleza del sistema (Astier et al., 2011, Altieri, 1999). El poder de decisión o el margen de maniobra que tienen estas familias, en cuanto a estrategias económicas es muy bajo, ya que dependen de insumos externos y los nichos de mercado de los granos básicos son muy limitados.

---

(3) Este atributo también se denomina autonomía, auto seguridad o auto empoderamiento dependiendo del texto que se escoja (Connor et al, 1992; ICASA, 1996).

Figura 1

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FAMILIA AGRICULTORA IDENTIFICADO EN LAS COMUNIDADES DE SAN JOSÉ DE CUSMAPA (NICARAGUA)



\* S: Subsistema.

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios de diagnóstico parten de los atributos generales. Para el atributo de productividad (habilidad de un agroecosistema para proveer bienes y servicios), consideramos los rendimientos de los cultivos: *Zea mays* L. (maíz blanco), *Phaseolus vulgaris* L. (frijol), *Sorghum bicolor* (L.) Moench (maicillo), hortalizas y frutales. Se calculó la rentabilidad de los cultivos y la eficiencia en el uso de la energía.

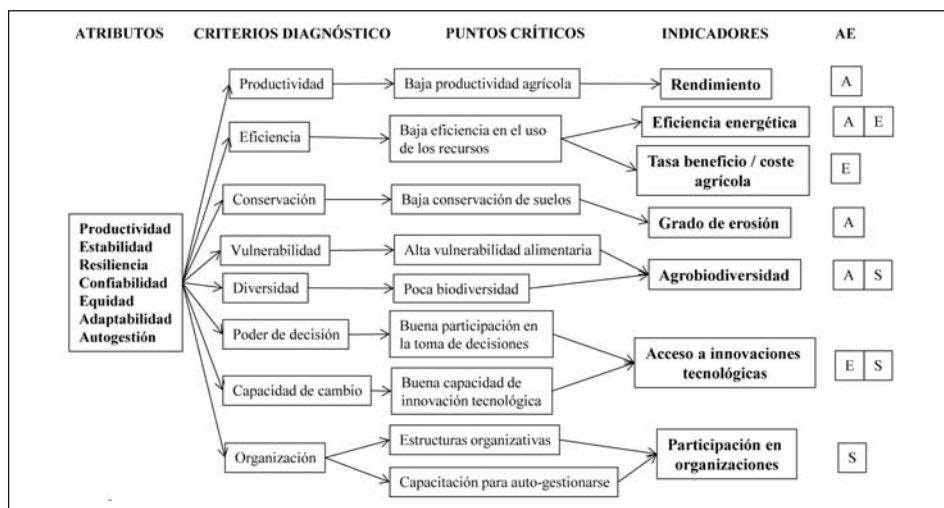
De los atributos de resiliencia, confiabilidad y estabilidad se derivan los criterios de conservación del suelo, vulnerabilidad alimentaria y diversidad, que indican la riqueza de especies del entorno y las alternativas de diversificación de ingresos por parte de los agricultores (Figura 2). Por resiliencia se entiende la capacidad que tiene un sistema para absorber cualquier tipo de perturbación y reorganizarse tras ese momento, conservando su misma función, estructura e identidad (Holling, 1973). La confiabilidad es la probabilidad de que un sistema desarrolle una cierta función, bajo unas condiciones fijas y durante un período determinado de forma exitosa. La



estabilidad es el mantenimiento de las características del sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo (por ejemplo el mantenimiento de la productividad, la diversidad o la población). Para evaluar la equidad (habilidad del sistema para distribuir la productividad de una manera justa e igualitaria [Maser et al., 1999]), se toma como criterio de diagnóstico el poder en la toma de decisiones. La adaptabilidad contempla la capacidad de encontrar nuevos niveles de equilibrio y continuar siendo productivo, ante cambios a largo plazo en el ambiente. El criterio de diagnóstico es la capacidad de cambio. La autogestión (capacidad del sistema para regular y controlar sus interacciones con el exterior), considera criterios relacionados con la organización interna y el tejido social de la comunidad, así como el fortalecimiento institucional y la autosuficiencia a la hora de tomar decisiones. Los criterios de diagnóstico son las estructuras organizativas y la capacidad para autogestionarse. Con los criterios de diagnóstico se realizó un análisis DAFO (Debilidades - Amenazas - Fortalezas - Oportunidades) de las comunidades para obtener los puntos críticos del sistema. De estos puntos críticos, derivan los indicadores seleccionados (Figura 2).

Figura 2

### OBTENCIÓN DE LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD



F AE: Áreas de evaluación. A: Ambiental. E: Económica. S: Social.

Fuente: Elaboración propia.

Los indicadores facilitan la medición y cuantificación de los criterios de diagnóstico (Astier et al., 2012).

Cada uno de los indicadores se elabora a partir de la información procedente de las encuestas. El indicador de rendimiento se expresa según la producción por unidad de superficie de los dos cultivos mayoritarios: el maíz y el frijol. Se calcula como la media entre el rendimiento del maíz y del frijol teniendo en cuenta que se cultivan asociados. Según el Informe del 2007 del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el rendimiento medio del maíz blanco es  $1.550 \text{ kg ha}^{-1}$ , y el del frijol negro  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$ . Se tomó como valor deseable un productividad media por hectárea de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Morton, 2007; Godfray, 2010).

La eficiencia energética se calculó como el cociente del consumo energético utilizado para la producción agraria y la cantidad de energía producida por el sistema agrícola (Masera y López-Ridaura, 2000; Contreras Ramos, 2006; González de Miguel et al., 2009). Se transforman las cantidades de insumos o productos en función de su contenido energético o de su energía de fabricación siguiendo los valores asignados por Astier et al. (2008), el valor deseable es 12. Los inputs considerados fueron herbicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes, semillas y herramientas. Los outputs energéticos se obtuvieron multiplicando la producción de maíz y frijol por su calor de combustión.

El indicador tasa beneficio/coste agrícola se calculó a partir del cociente entre el ingreso bruto total obtenido de la producción agrícola y el coste bruto. Los ingresos se calcularon a partir de la producción anual de grano y forraje multiplicada por su valor en el mercado. Los costes incluyen todos los insumos, incluyendo el coste de oportunidad por mano de obra, semilla y resto de insumos. El valor deseable para este indicador es que sea mayor o igual a 2,5, cómo se ha planteado para comunidades campesinas en el sur de México (Arnés et al., 2013), para que las familias agricultoras puedan hacer frente al coste de la vida en todos los ámbitos: alimentación, vestido, transporte, salud o educación.

Para calcular el indicador de riesgo de erosión se utilizó un método indirecto que relaciona la pendiente del terreno con las pérdidas de suelo. Al ser la pendiente uno de los principales factores en la estimación del

riesgo de erosión laminar en suelos agrícolas según la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada. Se aplicó una tabla de equivalencias entre la pendiente del terreno estimado por los agricultores en la encuesta y las pérdidas de suelo producidas (Tabla 1).

Tabla 1

EQUIVALENCIA ENTRE TIPO DE TERRENO SU PENDIENTE Y EL RIESGO DE EROSIÓN

Tipo de terreno	Pendiente (%)	Riesgo de erosión (Mg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
Plano o casi plano	0-5	0
Inclinado	5-15	1
Muy inclinado	>15	3

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular la agrobiodiversidad se tuvo en cuenta el número de especies cultivadas y destinadas para consumo alimentario, incluyendo los cultivos extensivos (considerados el maíz, el frijol y el sorgo), las hortalizas y los árboles frutales. El valor deseable para este indicador se estableció en 15 especies.

Para el indicador acceso a innovaciones tecnológicas, se consideró el acceso al crédito y la adopción de las tecnologías transferidas como resultado de las Escuelas de Campo (ECAs), en el que participaron todos los encuestados. Las ECAs incluían capacitaciones sobre prácticas de conservación de suelos, introducción de cultivos de hortalizas y manejo integrado de plagas. Agregando valor a prácticas, como la formación de barreras vivas y muertas o la promoción de la no quema de residuos de los cultivos, que son consideradas como innovaciones tecnológicas (Gerritsen et al. 2006). El valor deseable de número de innovaciones aplicadas es cinco considerando: Acceso a créditos, implementación de barreras vivas o muertas, implementación de sistemas agroforestales, implantación de hortalizas, mejora de los sistemas de riego y manejo integrado de plagas.

Y para el último indicador, grado de participación en organizaciones, se identificaron ocho asociaciones, cooperativas y entes organizativos a los

que podían pertenecer los productores. Entre los que se incluían: dos cooperativas agrícolas, dos cooperativas de crédito, un programa de capacitación agrícola (Escuelas de Campo), la iglesia, una asociación de productores agrícolas y pecuarios y una empresa privada. Se considerará que un grado aceptable de participación para este indicador sería formar parte de tres organizaciones.

Obtenidos los valores para cada agricultor encuestado se procedió a la normalización de los indicadores para expresarlos todos con la misma escala. La normalización consistió en asignar cero al valor mínimo o peor (en el caso del riesgo de erosión es el valor máximo) y cinco cuando el indicador alcanza o supera el valor deseable (Tabla 2).

Tabla 2

INDICADORES, UNIDADES Y VALORES DESEABLES Y MÍNIMOS UTILIZADOS  
EN LA NORMALIZACIÓN

Indicador	Unidades	Deseable	Mínimo
Rendimiento	Kg ha <sup>-1</sup>	1000	0
Eficiencia energética	Adimensional	12	0
Tasa Beneficio/Coste agrícola	Adimensional	2,5	1
Riesgo de erosión del suelo*	Mg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	0,6	3
Agrobiodiversidad	Número de cultivos	15	1
Acceso a innovaciones tecnológicas	Número de tecnologías aplicadas	5	1,5
Participación en las organizaciones	Número de participaciones	0,75	0

\* A mayor riesgo de erosión peores resultados, por ello se invierten los valores en este indicador.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados se representaron en un diagrama multivariable o gráfico en estrella, y se analizaron con el software estadístico StatGraphics© Centurion XVI. Se hizo un Análisis de Componentes Principales (ACP) sobre los 64 casos completos y para los siete indicadores de sostenibilidad. El ACP trata de transformar el conjunto de variables original en otro más reducido de variables incorrelacionadas (Cuadras, 1981).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor medio del rendimiento de los agricultores de San José de Cusmapa (Nicaragua) fue de  $195 \text{ kg ha}^{-1}$ , un valor excesivamente bajo teniendo en cuenta que este cultivo forma parte de la base alimentaria. El 69% de los agricultores alcanzó valores inferiores a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Mientras, un 23% de los encuestados tenían rendimientos entre  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  y  $400 \text{ kg ha}^{-1}$ , y sólo el 4 % de los individuos superaron los  $600 \text{ kg ha}^{-1}$  de rendimiento medio de maíz y frijol (Figura 4).

En el caso de la eficiencia energética, el coeficiente medio obtenido es 2,28. Según Astier et al. (2008) un sistema debería aprovechar de 10 á 15 veces la energía que consume. Los encuestados que no superan los 2,4 puntos de eficiencia energética fueron el 68%, y tan solo el 8% obtiene valores mayores o iguales a 7,2 (Figura 3). En general las cifras son bajas, lo que está indicando una alta diferencia entre la energía aportada y la energía obtenida del sistema, teniendo en cuenta, además, que no se incluye en el indicador la energía aportada por la mano de obra.

Para la tasa beneficio/coste agrícola, el valor medio obtenido de 1,04 está lejos del valor deseable. El 84% de los individuos obtienen una tasa de beneficio/coste agrícola menor de uno (Figura 3). Para estos agricultores la actividad agrícola supone un coste de oportunidad, dado que el beneficio bruto fue inferior al coste bruto. Como el coste incluye la mano de obra del agricultor, en esta situación, sería ventajoso que dedicase su trabajo a otra actividad si tuviesen esa posibilidad, considerando que el valor del jornal era de 2,5 euros. El 46% de los encuestados contestó que tenían una fuente alternativa de ingresos, pero ésta no ha sido considerada en este indicador. En otros estudios similares, de agricultura de subsistencia y de secano realizados en México, se alcanzó un valor medio de 1,96 (Astier et al., 2000) y 1,4 (Arnés et al., 2013), en este último caso tampoco se contabilizaron los ingresos alternativos a los agropecuarios.

El indicador riesgo de erosión medio llega a  $1,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , lo que supone un serio problema para el futuro agrícola de la zona (Figura 4). La vocación del suelo es forestal pero la presión demográfica hace que se cultive en pendiente. Hay experiencias en terrenos de ladera cultivados con maíz bajo labranza convencional con pendientes del 8%, donde se

han registrado pérdidas de suelo de hasta  $2 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Astier et al., 2008). Según estos autores, unas pérdidas de  $0,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  suponen un valor factible al cual pueden aspirar los terrenos con pendientes pronunciadas siempre y cuando se implementen técnicas de conservación de suelos. La representación del indicador de riesgo de erosión, posee una distribución de frecuencias bimodal. Agrupándose los campesinos entre aquellos que cultivan las zonas de valle o de meseta frente aquellos que se ven obligados al cultivo en pendiente. El 18% de los individuos registraron grados de erosión por debajo de  $0,6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , y el 35% entre  $0,6$  y  $1 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Figura 4). En ninguno de los casos se vieron agrupaciones significativas que indicaran valores mejores para unas comunidades concretas. En el primer caso (18%), hay individuos de ocho comunidades distintas, y en el segundo (35%) hay agricultores de todas las comunidades pero ninguna con la totalidad de sus miembros. Estos resultados vienen a confirmar que existen agricultores en todas las comunidades que trabajan tierras en pendiente y que existe una gran dispersión en la propiedad de la tierra, la mayoría de los agricultores tiene parcelas distribuidas por zonas más llanas y en zonas con más pendiente.

El rango del indicador de agrobiodiversidad varía desde agricultores que practican el monocultivo hasta agricultores que gestionan 15 cultivos. El valor medio de este indicador es 2,88 especies cultivadas por agricultor destinadas a la alimentación. Entre las cuales maíz y frijol aparecen siempre, ya que estos granos constituyen la base de la alimentación. Estos resultados indican una baja diversidad de cultivos, mostrando una agricultura tradicional poco diversificada. El 53% de los individuos cultivan como máximo tres especies (Figura 4), lo que puede dar lugar a una dieta desequilibrada si tenemos en cuenta que la mayoría de las familias no cuentan con ingresos suficientes para comprar otros alimentos en mercados locales.

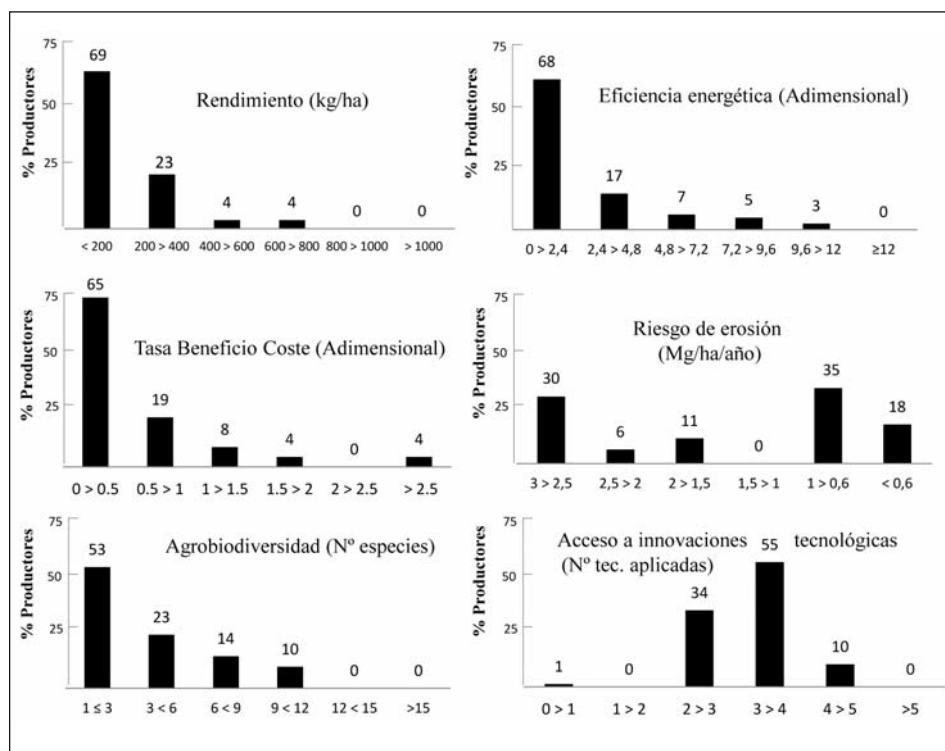
El indicador de acceso a innovaciones tecnológicas presentó un valor medio de 3,78. Casi el 90% de los individuos se agrupa entre los valores dos y tres, en el acceso a innovaciones tecnológicas como créditos, capacitaciones o implementación de nuevas prácticas (Figura 4). En San José de Cusmapa, el acceso a determinadas tecnologías y el control de las estrategias de manejo es limitado. Esto es así, ya que la pronunciada pen-

diente de las parcelas dificulta el uso de maquinaria agrícola y la instalación de sistemas de riego. Además los escasos ingresos restringen el acceso a las materias primas para la siguiente cosecha.

El indicador de participación en organizaciones, muestra cómo de cohesionada está la sociedad, y la iniciativa que tienen los individuos de esas comunidades en el trabajo cooperativo. El valor medio obtenido es de uno, ya que la mayoría de los individuos pertenecen a una organización. La distribución señala que el 50% de los individuos participan en una organización y el otro 50% participan en dos.

Figura 3

FRECUENCIA DE AGRICULTORES DISTRIBUIDOS POR RANGOS PARA CADA INDICADOR EN SAN JOSÉ DE CUSMAPA (NICARAGUA)

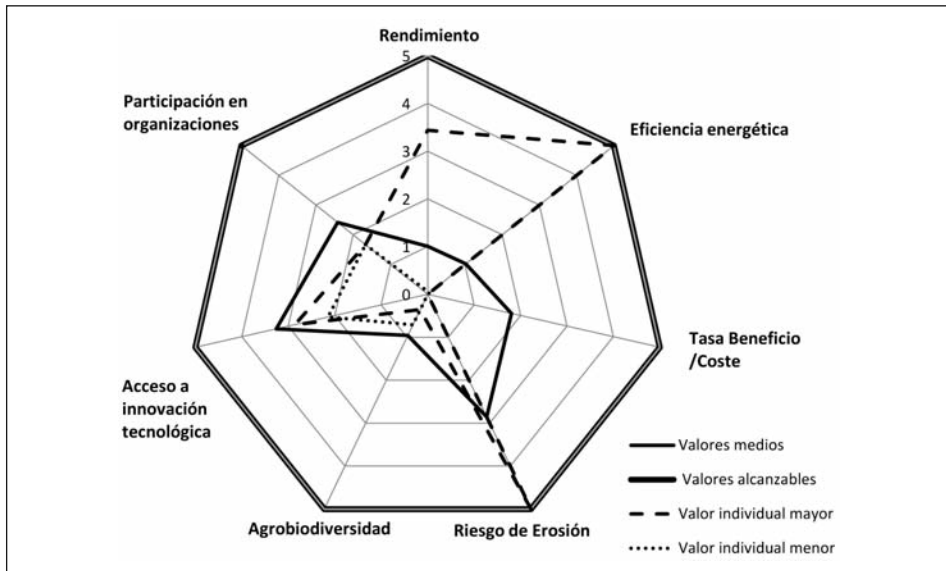


Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 recoge los valores normalizados de los siete indicadores dentro del rango (desde el valor mínimo al deseable), de tal forma que se puede comparar el desempeño de cada agricultor teniendo en cuenta que los valores que se alejan del centro presentan mejoras en la sostenibilidad. La figura recoge el agricultor con el peor resultado (valor individual menor), que es el más alejado de la sostenibilidad, y el agricultor con el mejor resultado (valor individual mayor), para el conjunto de indicadores. La figura muestra las debilidades de la agricultura de subsistencia en una zona de montaña en el trópico seco centroamericano. Hay dos indicadores que para todos los individuos presentan valores muy alejados del objetivo propuesto: agrobiodiversidad y rendimiento. Esto quiere decir que esta agricultura de subsistencia está muy poco diversificada y que la producción de alimentos, en esta situación de montaña y de trópico seco, es costosa, seguramente debido a su dependencia meteorológica y al cultivo en pendiente, como la mayoría de los sistemas de secano (Conde et al., 2006).

Figura 4

DIAGRAMA DE VALORES DESEABLES, MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA LOS INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN SAN JOSÉ DE CUSMAPA (NICARAGUA)



Fuente: Elaboración propia.



En el análisis de componentes principales se han incluido como variables categóricas los siete indicadores normalizados. Hay cuatro componentes que explicarían en conjunto el 72,4% de la varianza (Tabla 3).

Tabla 3

COMPONENTES PRINCIPALES, AUTOVALORES, PORCENTAJE DE LA VARIANZA Y VARIANZA ACUMULADA DE LOS AGRICULTORES DE SAN JOSÉ DE CUSMAPA (NICARAGUA)

Componente	Autovalor	Porcentaje de la varianza	Porcentaje de la varianza acumulada
1	<b>1,68</b>	24,0	24,0
2	<b>1,24</b>	17,8	41,8
3	<b>1,08</b>	15,4	57,2
4	<b>1,06</b>	15,2	<b>72,4</b>
5	0,89	12,7	85,1
6	0,57	8,1	93,2
7	0,48	6,9	100,00

Los números en negrita corresponden a los autovalores mayores que 1,0 que ha sido el criterio utilizado para la extracción de los componentes principales, y al porcentaje de la varianza acumulada explicada por los cuatro componentes principales elegidos.

Fuente: Elaboración propia.

Vemos que en la primera componente pesan positivamente los indicadores de rendimiento, eficiencia energética y riesgo de erosión, en menor medida la tasa beneficio/coste agrícola y el acceso a innovaciones tecnológicas (Tabla 4). El análisis del primer componente principal (que explica el 24% de la varianza) recoge, en contribuciones negativas, los indicadores agrobiodiversidad y participación en las organizaciones. Aunque aportan poco a la variación, estos dos indicadores están relacionados con la extensión agraria que las organizaciones han realizado en la zona promoviendo la diversificación de cultivos. Estas organizaciones tratan de diversificar la producción, sobre todo con la introducción del cultivo de hortalizas y frutales, que en términos de producción de biomasa total (en materia seca) son menores, emplean más trabajo y tienen el objetivo de aumentar los ingresos por venta en los mercados locales. Por otro lado, el resto de indicadores presentan una contribución positiva, estos indicadores estarían

relacionados con la producción. Rendimiento y eficiencia energética toman los mayores valores, ambos valores están asociados ya que un mayor rendimiento incrementa el retorno energético del agricultor.

Tabla 4

MATRIZ DE COMPONENTES PRINCIPALES PARA LOS SIETE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD DE LOS AGRICULTORES DE SAN JOSÉ DE CUSMAPA (NICARAGUA)

Indicador		Componente			
		1	2	3	4
I1	Rendimiento	0,586	-0,210	0,072	0,136
I2	Eficiencia energética	0,467	-0,232	0,450	-0,273
I3	Tasa Beneficio/Coste agrícola	0,122	-0,219	-0,467	-0,627
I4	Riesgo de Erosión	0,302	0,639	0,255	0,130
I5	Agrobiodiversidad	-0,458	-0,473	0,370	0,004
I6	Acceso a innovaciones tecnológicas	0,207	-0,406	0,254	0,439
I7	Participación en las organizaciones	-0,281	0,239	0,554	-0,552

Fuente: Elaboración propia.

El primer componente establece que la agrobiodiversidad y el rendimiento (valores con mayores pesos) son opuestos, esto explicaría que aquellos individuos que están especializados en pocos cultivos (maíz y frijol), obtienen rendimientos mayores que aquellos que están más diversificados. Esto quiere decir que la diversificación tiene un gran coste de oportunidad para el agricultor, ya que no puede atender adecuadamente a todos los cultivos, produciéndose una disminución en su rendimiento, también puede ser que en esos casos las mejores tierras se dedican a los cultivos hortícolas en vez de a los granos básicos. La media de los rendimientos de aquellos agricultores que cultivan menos de tres especies está por encima de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ , en comparación con los  $118 \text{ kg ha}^{-1}$  que obtienen los que cultivan cuatro o más especies. La diversificación de cultivos supone distribuir los escasos recursos, incluida la mano de obra, entre más cultivos lo que perjudica el desempeño de cada uno. Con estos rendimientos, tomando en cuenta la Unidad Nutricional Estándar (SNU por

sus siglas en inglés: *Standard Nutritional Unit*) que considera que una persona necesita una producción anual equivalente de 500 kg de cereal al año (Connor et al., 1992), en San José de Cusmapa (Nicaragua) cada agricultor de subsistencia necesitaría cultivar al año 1,67 hectáreas de media por cada persona de la unidad familiar para satisfacer sus necesidades de alimento. Si consideramos que esa unidad familiar la forman cinco miembros y la superficie de cultivo media de cada familia es de 3,6 ha, el rendimiento anual necesario de granos básicos debería ser de 700 kg ha<sup>-1</sup>. La diferencia entre ese valor y el rendimiento medio confirmarían la prevalencia de la subnutrición en la zona de estudio y la presión sobre otras fuentes de alimentos en las zonas no cultivadas.

La segunda componente explica el 17,8% de la variación y recoge en valores positivos los riegos de erosión y la participación en organizaciones. El riesgo de erosión se ha medido en este caso por la pendiente de las parcelas cultivadas, por lo que nos indicaría que hay un interés mayor de aquellos que cultivan en pendiente en participar en las organizaciones. Esto es explicado porque gran parte de la actividad de extensión agrícola de esas organizaciones va encaminada a la enseñanza de técnicas agrícolas de conservación de suelos. El resto de indicadores están en el lado negativo del eje. Para este segundo componente los indicadores con mayor peso y opuestos son: el riesgo de erosión y la diversidad de cultivos. Es lógico pensar que en zonas de grandes pendientes el número de cultivos sea menor, mientras que en terrenos llanos es más sencillo cultivar todo tipo de especies. Esto se corrobora con los datos observados: aquellos agricultores que cultivan como máximo tres especies tienen un riesgo de erosión de 2,62 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (cultivan en zonas de mayor pendiente) y para los que cultivan cuatro o más especies apenas es de 1,26 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de suelo (cultivan en los suelos más llanos). El cultivo en zonas llanas también abre la posibilidad al acceso a más facilidades en la incorporación de innovaciones tecnológicas como las semillas (diversidad de cultivos), el riego o la mecanización. La pendiente del terreno es un problema para el uso de maquinaria, requiere mayor acceso al capital para construir terrazas y el acceso a tecnologías de conservación de suelos como son las barreras, vivas o muertas, para evitar la erosión. Tan sólo el 18% de los entrevistados cultivan en terrenos donde el riesgo de erosión no supera

los 0,6 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y el 90% de éstos ha recibido formación en temas relacionados con la conservación de los recursos naturales. Sin embargo, del 82% entrevistados restantes sólo habían recibido algún tipo de capacitación el 45%.

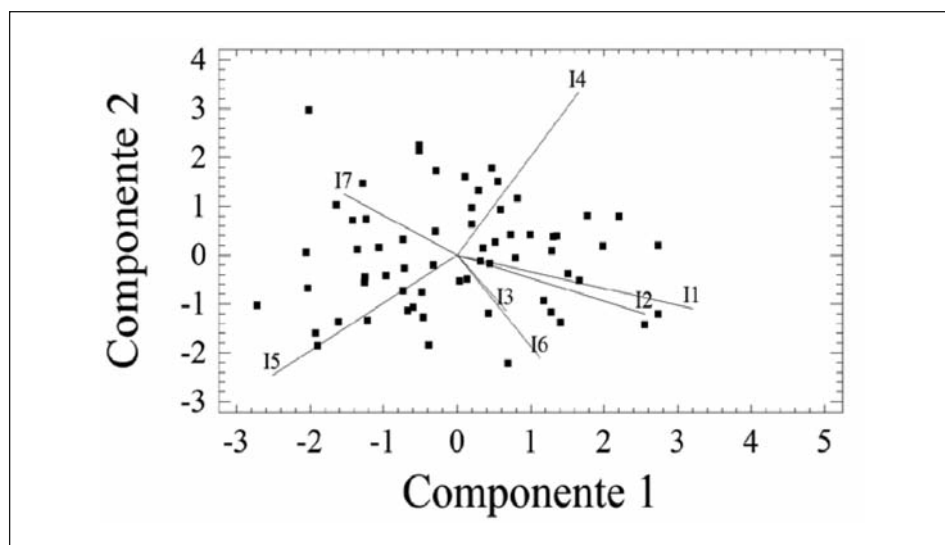
El tercer componente separa el indicador tasa de beneficio/coste agrícola al asignarle un valor negativo, del resto de indicadores. Los indicadores participación en las organizaciones y eficiencia energética aportan mayor peso. Según esta componente, participar en las organizaciones y tener una adecuada eficiencia energética reduce la tasa de beneficio/coste agrícola. Esto puede ser explicado por el coste de oportunidad del tiempo disponible para realizar un trabajo. Según Pfister et al. (2005) la disponibilidad de mano de obra es uno de los factores clave de los sistemas agrícolas de montaña en Nicaragua. Moser y Barrett (2003) cuestionan también la adopción de tecnologías que utilizan bajos insumos externos por parte de pequeños agricultores debido al incremento que supone en las necesidades de mano de obra.

Debido a que la tasa de beneficio/coste agrícola prima las explotaciones que incorporan más trabajo individual del agricultor frente al uso de insumos y que la participación en organizaciones también consume tiempo o parte de la jornada laboral. Sin embargo, la cuarta componente vuelve a asociar a estos tres indicadores asignándoles la misma dirección, en este caso con valores negativos, por lo que el coste de oportunidad de participar en las organizaciones puede verse compensado en algunos casos aumentando la tasa beneficio/coste agrícola, esto es lógico puesto que la intervención de las organizaciones en la zona de estudio tiene como objetivo la reducción de la pobreza. Las innovaciones técnicas suponen un coste (acceso al crédito y mejoras agrícolas) y por tanto reducen la tasa beneficio/coste agrícola.

La proyección de los agricultores en el espacio bidimensional del análisis de componentes principales para el primer y segundo componente (Figura 5), muestra la dispersión de los agricultores entorno a los ejes de los indicadores, sin la presencia de ningún valor atípico. El indicador rendimiento se correlacionó positivamente con la eficiencia energética. También se encontró una correlación positiva entre la tasa de beneficio/coste agrícola y el acceso a innovaciones tecnológicas (Figura 5).

Figura 5

DIAGRAMA DE DISPERSIÓN DE LOS AGRICULTORES DE SAN JOSÉ DE CUSMAPA (NICARAGUA)  
EN LOS DOS PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES



I1: Rendimiento; I2: Eficiencia energética; I3: Tasa Beneficio/Coste agrícola; I4: Riesgo de Erosión I5: Agrobiodiversidad; I6: Acceso a innovaciones tecnológicas; I7: Participación en las organizaciones.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4. CONCLUSIONES

La agricultura que realizan los campesinos en el trópico seco y de montaña en San José de Cusmapa (Nicaragua) no es capaz de proporcionar todo el alimento que necesitan, lo que explicaría la prevalencia de la subnutrición. Incluso los valores del indicador coste/beneficio agrícola ponen de manifiesto la dificultad de la producción de alimentos en estas zonas de montaña. Esta agricultura está muy lejos de los objetivos de sostenibilidad marcados. Entre los indicadores analizados cabe destacar los bajos valores alcanzados en el indicador rendimiento y en la agrobiodiversidad. Los puntos críticos de la agricultura familiar en zonas de montaña representados en San José de Cusmapa (Nicaragua) son los bajos rendimientos y el escaso nivel de diversificación, primero debido al predominio de la agricultura en pendiente o laderas y el segundo basado en el cultivo principal de maíz y frijol.

El análisis de componentes principales pone de manifiesto las correlaciones entre los indicadores. Por lo que se plantea la posibilidad de reducir el número de indicadores en los estudios de sostenibilidad en zonas donde la disponibilidad de información es reducida, seleccionando aquellos indicadores más representativos entre los que tiene una misma correlación. El análisis de componentes principales muestra la relación inversa entre diversidad y producción, relación que no se ve compensada por una mejoría en la tasa de beneficio/coste agrícola, lo que puede manifestar las dificultades de comercialización de los productos hortícolas en un contexto de pobreza o baja capacidad de compra. Será necesario, para estudios posteriores, completar este análisis de sostenibilidad entre agricultores con la evolución que experimenten estos mismos indicadores en el tiempo. De momento las medidas para mejorar la sostenibilidad de los agricultores de montaña deben ir encaminadas en las técnicas agronómicas para el cultivo en pendiente o ladera y la diversificación con cultivos adaptados a las condiciones locales.

## AGRADECIMIENTOS

Al programa de PICATA de la Universidad Politécnica de Madrid por la Beca a Esperanza Arnés Prieto y al programa de Formación del Profesorado Universitarios (FPU) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte por la Beca a Omar Marín González. Este trabajo se ha realizado gracias a la financiación de la Universidad Politécnica de Madrid en las Convocatorias de Subvenciones y Ayudas para Acciones de Cooperación Universitaria para el Desarrollo por los proyectos “Reducción de la vulnerabilidad alimentaria de familias rurales de San José de Cusmapa (Nicaragua) (AC09071501)”; “Mejora de la seguridad alimentaria y nutricional de las familias del municipio San José de Cusmapa (Nicaragua) mediante microproyectos agropecuarios comunitarios (42\_AGSYSTEM\_ECAS)” y “Fortalecimiento de la soberanía alimentaria y nutricional de las comunidades del Municipio de San José de Cusmapa (Nicaragua) (H-25)”.

## BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, M. A. (1995) *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder, CO: Westview Press, London: p. 433.

- ALTIERI, M.A., (1999). Applying agroecology to enhance the productivity of peasant farming systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability*, 1: p. 197-217.
- ALTIERI, M.A., Nicholls, C.I. (2000). *Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. PNUMA (Ed.). México:p 250.
- ASTIER, M., PÉREZ AGIS, E., Mota GARCÍA, F., MASERA, O. y ALATORRE FRENK, C. (2000). El diseño de sistemas sustentables de maíz en la región Purhépecha. En: Masera, O., López-Ridaura, S. (Ed.) *Sustentabilidad y sistemas campesino: Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Mundiprensa. México: p. 271-320.
- ASTIER, M., MASERA, O. y GALVAN-MIYOSHI, Y. (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. Ed. Mundiprensa. Mexico: p. 200.
- ASTIER, M., SPEELMAN, E.N., LÓPEZ-RIDAURA, S., MASERA, O.R. y GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C.E. (2011). Sustainability indicators, alternative strategies and trade-offs in peasant agroecosystems : analysing 15 case studies from Latin America. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9:3: p. 409-422.
- ASTIER, M., GARCÍA-BARRIOS, L., GALVÁN-MIYOSHI, Y. y GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C.E., MASERA, O.R., (2012). Assessing the Sustainability of Small Farmer Natural Resource Management Systems. A Critical Analysis of the MESMIS Program (1995-2010). *Ecology and Society*, 17 (3): p. 25.
- ARNÉS, E., ANTONIO, J., DEL VAL, E. y ASTIER, M. (2013). Sustainability and climate variability in low-input peasant maize systems in the central Mexican highlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 181: p. 195-205.
- BANCO MUNDIAL. (2008). *Informe sobre el desarrollo mundial 2008. Agricultura para el desarrollo*. Washington D.C.:p 301.
- BÁREZ MARTÍN, A. (2012). Manuales Técnicos para la elaboración de Huertos de Patio sostenibles y transformación de la producción en San José de Cusmapa (Nicaragua). Trabajo Fin de Carrera. ETSI Agrónomos. UPM: p. 379.
- CEPAL. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: Un enfoque sistémico*. Working paper Serie 64. Medio ambiente y Desarrollo. Santiago de Chile.
- CHAPIN, F.S., CARPENTER, S.R., KOFINAS, G.P., FOLKE, C., ABEL, N., CLARK, W.C., OLSON, P., SMITH, D.M.S., WALKER, B., YOUNG, O.R., BERKES, F.; BIGGS, R., GROVE, J.M., NAYLOR, R.L., PINKERTON, E., STEFFEN, W. y SWANSON, F.J. (2010). Ecosystem stewardship: Sustainability strategies for a rapidly changing planet. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(4): p. 241-249.
- CLAPP, R.A. (1998). Regions Of Refuge and the Agrarian Question : Peasant Agriculture and Plantation Forestry in Chilean Araucania. *World Development*, 26: p. 571-589.
- CONDE, C., FERRER, R. y OROZCO, S. (2006). Climate change and climate variability impacts on rainfed agricultural activities and possible adaptation measures. A Mexican case study. *Atmosfera*, 19: p. 181-194.

- CONNOR, D.J., LOOMIS, R.S. y CASSMAN, K.G. (1992). *Crop Ecology: Production and Management in Agricultural Systems*. Cambridge, Reino Unido: p. 561.
- CONTRERAS RAMOS, J. (2006). *Evaluación de la sostenibilidad del cultivo de maíz grano en la región de Serdan, Puebla (México)*. Tesis Doctoral. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid: p. 450.
- CUADRAS, C.M. (1981). *Métodos de análisis multivariante*. Colección Laboratorio de cálculo nº 23. Editorial Universitaria Barcelona, España.
- GARCÍA RUIZ, A. (2011). *Programas de Alimentación Escolar y Compras de Agricultura Familiar Campesina en los Programas Sociales de Asistencia Alimentaria*. FAO, MINED, FNDE. Managua: p. 78.
- GERRITSEN, P.R.W., ROSALES, J., MORENO, A. y MARTÍNEZ., L.M. (2006) *Sistemas Productivos y Sustentabilidad Rural en la Costa Sur de Jalisco en el Occidente de México*, 1-19. En 11º Encuentro Nacional Sobre Desarrollo Rural en la Costa Sur de Jalisco en el Occidente de México.
- GLIESSMAN, S. R. (1998). *Agroecology: ecological processes in sustainable sustainable agriculture*. Boca Raton, FL: CRC Press: p. 347.
- GODFRAY, H.C.J., BEDDINGTON, J.R., CRUTE, I.R., HADDAD, L., LAWRENCE, D., MUIR, J.F., PRETTY, J., ROBINSON, S., THOMAS, S.M. y TOULMIN, C. (2010). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327: p. 812-818.
- GONZÁLEZ DE MIGUEL, C., DÍAZ-AMBRONA, C.H. y POSTIGO, J.L. (2009). *Evaluación de la sostenibilidad agraria. El caso de La Concordia (Nicaragua)*. Ingeniería sin fronteras Asociación para el Desarrollo: p. 174.
- GONZÁLEZ DE MOLINA, M. y GUZMÁN CASADO, G.I. (2006). *Tras los pasos de la insustentabilidad: Agricultura y medio ambiente en perspectiva histórica (s. XVIII-XX)*. Icaria: p. 502.
- GOMIERO, T., PIMENTEL, D. y PAOLETTI, M.G. (2011). Is There a Need for a More Sustainable Agriculture? *Critical Reviews in Plant Sciences*. 30 (1-2): p. 6-23.
- HANSEN, J.W. (1996). Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems*, 50: p. 117-143.
- HOLLING, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4: p. 1-23.
- HOLLING, C. S. (2001). *Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems*. *Ecosystems*, 4: p. 390-405.
- ICSA. (1996). Seeds for the future. Sustainable agriculture and natural resources in the Americas. Interamerican Council for Sustainable Agriculture. Mexico DF: p. 58.
- IICA. (2007). *Mapeo de las cadenas agroalimentarias de maíz blanco y frijol en Centroamérica*. Proyecto Red SICTA. Managua, Nicaragua: p. 132.
- INIDE. (2006). *VIII Censo de Población y IV de Vivienda*. Gobierno de Nicaragua. Managua: p. 551.
- INIDE. (2011). *IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO*. Gobierno de Nicaragua. Managua: p. 70.



- LEHMAN, H., CLARK, E.A. y WEISE, S.F. (1993). Clarifying the definition of sustainable agriculture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 6(2): p. 127-144.
- LEWANDOWSKI, I., HERDTLEIN, M. y KALTSCHMITT, Y. (1999). Sustainable crop production: Definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability. *Crop Science*, 30: p. 184-193.
- LÓPEZ-RIDAURA, S., MASERA, O., ASTIER y M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 35: p. 135-148.
- MASERA, O., ASTIER, M. y LÓPEZ-RIDAURA, S. (1999). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El marco de Evaluación MESMIS* Ed. Mundiprensa - GIRA - UNAM. México: p. 321.
- MASERA, O. y LÓPEZ-RIDAURA, S. (2000). *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural* Ed. Mundiprensa - GIRA-UNAM. México: p. 496.
- MERINO ZAZO, A. (2012). *Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Agricultura Campesina de San José de Cusmapa (Nicaragua)*. Trabajo Fin de Carrera. ETSI Agrónomos. UPM: p. 274.
- MITCHELL, G., MAY, A. y McDONALD, A. (1995). PICABUE: A Methodological Framework for the Development of Indicators of Sustainable Development. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2: p. 104-123.
- MORENO PÉREZ, O.M. (2012). Revisando las categorías de análisis de la agricultura familiar: Un caso de estudio del Campo de Cartagena. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros* 232(2): p. 101-129.
- MORTON, J.F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: p. 19680-19685.
- MOSER, C.M. y BARRETT, C.B. (2003). The disappointing adoption dynamics of a yield-increasing, low external-input technology: the case of SRI in Madagascar. *Agricultural Systems*, 76(3): p. 1085-1100.
- NAREDO, J.M. (1996). *Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible*. Textos sobre Sostenibilidad I. Cuadernos de Investigación Urbanística nº 41. Madrid. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/cs/>
- NÚÑEZ OSORIO, S. (2008). *Diagnóstico participativo de los recursos naturales en nueve comunidades del municipio de San José de Cusmapa, Departamento de Madriz(Nicaragua)* Trabajo Fin de Carrera. ETSI Agrónomos. UPM: p. 348
- OSTROM, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*, 325: p. 419-422.
- PATEL, R. (2006) *Obesos y famélicos. Globalización, hambre y negocios en el nuevo sistema alimentario mundial*. Ed. Marea: p. 366.

- PEARCE, D. y ATKINSON, G. (1992) *Are National Economies Sustainable? Measuring Sustainable Development*. CSERGE Working paper GEC 92-11, University College of London.
- PEREIRA VÍLCHEZ, R.S., NAVAS MORALES, N.M., y SOCORRO MORA, N. (2012). *Caracterización de 15 municipios pobres de Nicaragua*. Managua, Nicaragua. Ed. Fundación Internacional para el Desafío Económico Global: p. 155.
- PFEIFFER, D. A. (2006). *Eating Fossil Fuels: Oil, Food and the Coming Crisis in Agriculture*. New Society Publishers. Canada: p. 125.
- PFISTER, F., BADER, H.P., SCHEIDEGGER, R. y BACCINI, P. (2005). Dynamic modelling of resource management for farming systems. *Agricultural Systems*, 86(1): p. 1-28.
- PRETTY, J., GUILT, I., THOMPSON, J. y SCOONES, I. (1995). *Participatory learning and action*. International Institute for Environment and Development. London: p. 271.
- PRETTY, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 363(1491): p. 447-65
- REDCLIFT, M. (2005) *Sustainability: Critical concepts in the social sciences*. Routledge: p. 299.
- RODRÍGUEZ OSUNA, J. (1991). *Métodos de muestreo*. Cuadernos metodológicos. Ed. CIS. Madrid.
- SACHS, I. (1981). Ecodesarrollo: concepto, aplicación, beneficios y riesgos. *Agricultura y Sociedad*, 18: p. 9-32.
- SMIT, B. y SMITHERS, J. (1993). Sustainable Agriculture: Interpretations, Analyses and Prospects. *Canadian Journal of Regional Science*. XVI (3): p. 499-524.
- SMYTH, A. J., y DUMANSKI, J. (1994). *FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management*. World Soil Resources Reports 73. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- STOCKLE, C. O., PAPENDICK, R. I., SAXTON, K. E., CAMPBELL, G. S. y VAN EVERT, F. K. (1994). A Framework for Evaluating the Sustainability of Agricultural Production Systems. *American Journal of Alternative Agriculture*, 9: p. 45-51.
- SUMPSI, J.M. (2011). Volatilidad de los mercados y crisis alimentaria. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 229: p. 11-35.
- Toledo, V.M. (1993). La racionalidad ecológica de la producción campesina. En: SEVILLA GUZMÁN E. y GONZÁLEZ DE MOLINA M. (Ed.) *Ecología, campesinado e historia*. La Piqueta, Madrid: p. 197-218.
- TRUEBA, I. y MACMILLAN, A., (2011). *How to End Hunger in Times of Crises*. Ed. UPM Press, Madrid: p. 95.
- TURNER, R.K. (1993). Sustainability: principles and practice. En: R. Kerry Turner (Ed.). *Sustainable environmental economics and management: principles and practise*. Belhaven Press, Londres. p. 3-36.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. (1987). *Our Common Future* The Brundtland Commission Report. Oxford: Oxford University Press: p. 247.

## RESUMEN

### Evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia en San José de Cusmapa, Nicaragua

Evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas campesinos representa un reto a nivel global ya que la agricultura familiar produce más del 70% de los alimentos del planeta. En Nicaragua, el 49% de la población rural practica agricultura familiar, siendo el 38% de subsistencia. La zona de estudio se situó en 11 comunidades del municipio de San José de Cusmapa (departamento de Madriz, Nicaragua) donde se realizaron 80 encuestas semiestructuradas. Se analizaron los indicadores de: rendimiento, eficiencia energética, tasa beneficio/coste agrícola, riesgo de erosión, agrobiodiversidad, acceso a innovaciones tecnológicas y participación en las organizaciones. Esta agricultura campesina está muy lejos de los objetivos de sostenibilidad marcados y se manifiesta en carencias alimenticias y nutricionales. Entre los indicadores analizados cabe destacar los bajos valores alcanzados en el indicador rendimiento y en la agrobiodiversidad. Por ello, es necesario que las comunidades campesinas fortalezcan su capacidad de adaptación con el fin de mejorar su nivel de vida y la salud de su ecosistema.

**PALABRAS CLAVE:** Alimentación, Campesinos, Cultivos, Indígenas, Indicadores.

**CÓDIGOS JEL:** Q56.

## SUMMARY

### Sustainability assessment of subsistence agriculture in San José de Cusmapa, Nicaragua

Sustainability evaluation of peasant agricultural systems is becoming a global challenge due to the fact that family farms produce over 70% of food supply. In rural areas of Nicaragua family farm involve about 49% population and the subsistence agriculture represents 38 per cent. The study area was located in 11 communities in the municipality of San José de Cusmapa (county of Madriz, Nicaragua) where 80 semi-structured interviews were conducted. The sustainability indicators: crop yield, energy efficiency, agricultural benefit/cost ratio, erosion risk, agrobiodiversity, technology availability and community participation were analyzed. It shows an unsustainable handling of both natural resources and farming systems, levels of extreme poverty manifested in food shortages and nutritional deficiencies. Among the analyzed indicators, it should be noted the low values of crop yield and agrobiodiversity. It will, therefore, be necessary to uplift the adaptation capacity of peasant communities, in order to improve their standard of living and the ecosystem's health.

**KEY WORDS:** Crop, food, indicators, peasant, indigenous.

**JEL CODES:** Q56.