

Evaluación de sustentabilidad en dos niveles de análisis y dos escalas espaciales. El municipio de Ocoyoacac y la comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México

Sustainability assessment: two analysis levels and two spatial scales. Ocoyoacac municipality and San Juan Coapanoaya community, State of Mexico

Margarito Jiménez-Cruz*

Jesús Gastón Gutiérrez-Cedillo**

Carlos Ernesto González-Esquivel***

José Isabel Juan-Pérez****

Recibido: abril 23 de 2015

Aceptado: septiembre 22 de 2015

Resumen

En este trabajo se aplicó un marco metodológico para la evaluación de la sustentabilidad, que permite cuantificar y comparar en diferentes niveles de análisis, indicadores y atributos de sustentabilidad en dos escalas geográficas. La investigación se realizó en el municipio de Ocoyoacac y la Comunidad de San Juan Coapanoaya, en el Estado de México, México. El ciclo de evaluación fue dividido en dos fases: de análisis de la cual se derivaron los criterios e indicadores específicos para ambas escalas; y de síntesis del sistema, donde se llevó a cabo la cuantificación de indicadores y atributos. Se obtuvieron valores altos para los indicadores ambientales y sociales, y valores bajos para los indicadores económicos. La autogestión y la equidad fueron los atributos relevantes.

Palabras clave: evaluación de sustentabilidad, escalas de análisis, niveles de análisis.

Abstract

In this research was applied a methodological framework for sustainability assessment, that allows to quantify and compare at different analysis levels, sustainability indicators and attributes in two geographical scales. The research was conducted at the municipality of *Ocoyoacac* and *San Juan Coapanoaya* Community of, State of Mexico, Mexico. The evaluation cycle has been divided *Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Tenancingo, **Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía, *** Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto de Estudios sobre la Universidad, ****Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas. E-mail: jggc1321@yahoo.com.mx.

El estudio fue registrado ante la Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México. Proyecto 2987/2010SF.

into two phases: from the first stage were derived specific criteria and indicators for both scales; at second stage, the synthesis of the system, was carried out quantification of indicators and attributes. High values were obtained for environmental and social indicators, and low values for economic indicators. Equity and auto management were relevant attributes.

Keywords: sustainability evaluation, analysis scales, analysis levels.

Introducción

A niveles internacional y nacional se han realizado una variedad de investigaciones para evaluar la sustentabilidad (Harrington, 1992; De Camino y Muller, 1993; FAO, 1994; Mitchell, 1995; Iucn, 1995; Cifor, 1999; Lewandowsky, 1999; Lovell 2002; Barker, 2005). Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre Evaluación de Sustentabilidad, en particular en lo que se refiere a Sistemas de Manejo de Recursos Naturales (SMRN¹), es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad de diferentes SMRN (Dumansky *et al.*, 1998). En México se han realizado investigaciones sobre evaluación de sustentabilidad en ámbitos local y regional (González *et al.*, 2000; Astier, 2003; Brunett, 2006; Gutiérrez *et al.*, 2011 y 2012; López Riadura, 2008), pero no se han realizado trabajos en donde se hayan desarrollado marcos de evaluación de la sustentabilidad a diversas escalas de análisis, necesarios debido a que los actores interactúan operando políticas de desarrollo a diferentes escalas (Reintjes *et al.*, 1992); ya que ciertas propiedades emergen en todos los sistemas derivadas de su nivel jerárquico (Conway, 1994; De Camino y Muller, 1993).

En este trabajo de investigación se buscó cuantificar e integrar los indicadores de dos escalas de análisis, el municipio y la localidad. Los objetivos particulares incluyen: 1) Identificar los objetivos de los actores sociales que permitan derivar los indicadores de sustentabilidad en ambas escalas; debido a que las prioridades de los actores sociales involucrados en el SMRN no son las mismas, dado que para la comunidad sus límites de acción son más reducidos, sus objetivos tienen que ver con su propia supervivencia. En la escala municipal tiene que ver más con programas y acciones por parte de las instituciones municipales involucradas en los SMRN, por lo tanto, sus objetivos son más generales o se reflejan las acciones directamente en el sector en el que operan. 2) Construir los indicadores más apropiados para el manejo de recursos naturales en ambas escalas; Astier (2003) afirma que

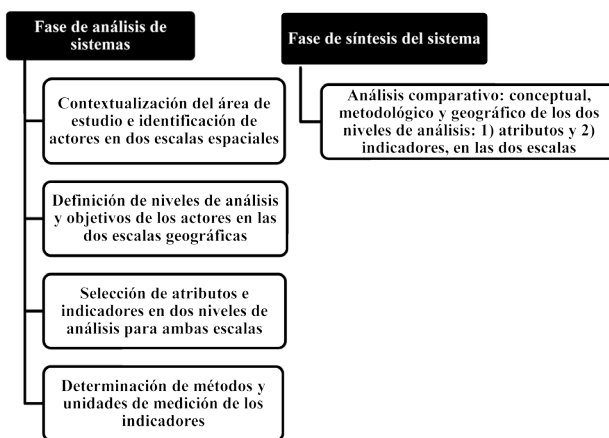
¹ En la evaluación de sustentabilidad, un SMRN es considerado un sistema dinámico socioambiental, en el que existen factores socioculturales, económicos y ecológicos que interactúan entre sí para generar un conjunto de beneficios.

los indicadores son herramientas para describir confiablemente un proceso específico, que dan información para monitorear sistemas en donde es necesario cuidar o controlar; son señales, síntomas, claves, instrumentos, medidas, signos de alarma. Los indicadores son herramientas de cambio, aprendizaje y propaganda; tratan de medir lo que se valora a fin de hacer cuantificables los fenómenos complejos, de manera que se promueva la comunicación. 3) Evaluar la sustentabilidad de SMRN en dos escalas espaciales a nivel de localidad en la Comunidad de San Juan Coapanoaya y a nivel municipal en el Municipio de Ocoyoacac; y en dos niveles de análisis los atributos generales o propiedades de sustentabilidad y los indicadores específicos y cuantificables. 4) Integrar las dos escalas espaciales mediante el análisis conceptual y metodológico de indicadores y atributos.

Método

El procedimiento de evaluación fue dividido en dos fases. Una de análisis de sistemas, en la cual fueron seleccionados y cuantificados los criterios e indicadores específicos para las dos escalas geográficas; y una de síntesis del sistema, en la que se realizó el análisis comparativo conceptual y metodológico de indicadores y atributos de sustentabilidad (figura 1).

Figura 1.



Para el logro de la evaluación, se abordaron las siguientes etapas:

Contextualización del área de estudio e identificación de actores en dos escalas espaciales

Se realizó la contextualización del área de estudio, la definición de escalas de análisis y la definición de criterios e indicadores para las dos escalas espaciales.

Para la información en la escala local la base de la información fueron las encuestas y entrevistas con la población, estas se realizaron a 50 personas de un total de 150 que tienen derechos sobre la Propiedad Comunal de San Juan Coapanoaya, lo cual representa el 33 % de los comuneros. Para la escala local también se realizó trabajo cartográfico mediante ortofotos escala 1: 10,000 en formato digital realizando la fotointerpretación directamente en pantalla. Las herramientas utilizadas para contextualizar el manejo de recursos naturales en términos socioeconómicos, fueron tipologías campesinas aplicadas a la definición de medios de producción. Los medios de producción son definidos a partir de los principales determinantes biofísicos en el manejo de recursos naturales.

En la escala municipal la información se obtuvo de fuentes oficiales como es el Instituto nacional de estadística geografía e informática (INEGI), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE) y se realizaron 30 encuestas a líderes sociales del Municipio.

Definición de niveles de análisis y objetivos de los actores en las dos escalas

Para involucrar a los actores sociales, la principal tarea en esta etapa fue la definición en consulta con los actores, sus objetivos y las escalas relevantes de evaluación. Los niveles de análisis para evaluar sustentabilidad (atributos e indicadores), están relacionadas con los actores que coexisten en el área de estudio, su percepción del sistema y sus objetivos.

Selección de atributos e indicadores en ambas escalas

En los cuadros 1 y 2 se presenta la selección de atributos generales e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad; en las dos escalas de análisis, la selección de atributos se realizó con base en el *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS)*, el cual propone siete atributos básicos de sustentabilidad; para este estudio se agregó el atributo de *auto organización*. Se consideraron ocho atributos generales: productividad, estabilidad, confiabilidad, resiliencia, adaptabilidad, autogestión, autoorganización y equidad, estos atributos se utilizaron para el análisis de los aspectos relevantes del sistema y con base en ellos se realizó la derivación de los indicadores utilizados en el proceso de evaluación. En la escala municipal, se aplicaron los mismos atributos que en

la escala local, pero los indicadores son más generales en esta escala.

El cuadro 1 muestra los atributos generales y los 19 indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala local, en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México. En el cuadro 2 se presentan los atributos generales y los 21 indicadores por objetivos para la evaluación de la sustentabilidad en la escala municipal, en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México.

Determinación de métodos y unidades de medición de los indicadores de sustentabilidad

En la escala local la información se obtuvo mediante entrevistas estructuradas con la población; la encuesta se aplicó a 50 personas de un total de 150 que tienen derechos sobre la Propiedad Comunal de San Juan Coapanoaya, por lo que la muestra representa el 33% del total de comuneros. En la escala local también se realizó interpretación cartográfica mediante orto fotos escala 1:10 000 en formato digital, realizando la fotointerpretación directamente en pantalla. La información fue verificada mediante trabajo y observación directa en campo.

En la escala municipal la información se obtuvo de fuentes oficiales, específicamente del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2009), la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO, 2008), Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE, 2007); adicionalmente, se realizaron 30 entrevistas estructuradas a líderes sociales del Municipio, con trabajo y observación directa en campo.

Análisis comparativo conceptual, metodológico y geográfico de los dos niveles de análisis: indicadores y atributos en las dos escalas espaciales

La cuantificación de indicadores en diferentes escalas ha sido un reto constante en investigaciones y desarrollo de proyectos relacionados con la evaluación de sustentabilidad en el contexto de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales. Por lo general, son indicadores medidos, calculados o estimados para comparar dos o más sistemas de manejo de recursos naturales contrastantes; incluyen el sistema actual y un sistema alternativo; una amplia variedad de métodos y fuentes de información han sido combinadas y aplicadas con mucho éxito.

En este estudio la principal característica es la evaluación de sustentabilidad en dos niveles de análisis mediante indicadores y atributos en dos escalas espaciales, y su integración conceptual y metodológica. La principal característica del análisis en ambas escalas es que se direccionó en relación con los objetivos de los actores sociales, esto se realizó contrastando indicadores y métodos de cada una de las escalas de análisis.

Resultados y discusión

Los resultados de esta investigación se presentan en el siguiente orden: primeramente se contextualiza el área de estudio y se identifican los actores en las dos escalas espaciales; posteriormente se definen los niveles de análisis y los objetivos de los actores en ambas escalas espaciales; a continuación se procede a presentar el análisis en dos niveles: por atributos de forma cualitativa; y por indicadores de manera cuantitativa en la comunidad de San Juan Coapanoaya; posteriormente, se presenta el análisis en los dos niveles: por atributos y por indicadores en el municipio de Ocoyoacac; por último, se presenta la comparación conceptual, metodológica y geográfica de los indicadores y objetivos de los actores sociales en las dos escalas espaciales.

Contextualización del área de estudio e identificación de actores en las dos escalas geográficas

Fueron identificadas las principales determinantes biofísicas y socioeconómicas para el manejo de recursos naturales y se identificaron los principales actores involucrados en el manejo de recursos naturales en las dos escalas geográficas.

El municipio de Ocoyoacac

El municipio de Ocoyoacac forma parte del sistema montañoso de las Cruces, el cual se localiza en la porción central del Estado de México y colinda al norte con los municipios de Lerma y Huixquilucan; al oeste, con Lerma, San Mateo Atenco y Metepec; al sur, con Jalatlaco, Capulhuac y Santiago Tianguistenco, y al este con el Distrito Federal. Cuenta con una superficie de 13,471 hectáreas y una población total de 61,805 habitantes distribuidos en 32 comunidades censales. De la totalidad de población Ocoyoacuense, 24,547 habitantes son económicamente activos (PEA), el 96% está ocupado.

Las actividades económicas del municipio por sector se distribuyen de la siguiente forma: 3.88% sector primario (agricultura), 38.21% sector secundario (industria), 56.68% sector terciario (comercio). Las industrias medianas y

grandes se concentran en la parte noroeste del municipio; sin constituir un parque industrial, se identifica como zona industrial en donde predominan las empresas químicas y farmacéuticas. En este municipio destaca la instalación del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Respecto a la actividad agrícola, en el municipio se produce maíz, frijol y trigo, aunque también se produce alfalfa, cebada, haba, avena. El uso agrícola de temporal con cultivos de maíz, trigo y avena está localizado alrededor de la cabecera municipal y en una zona importante al sureste del municipio. Otros cultivos se observan inmersos en el área forestal con baja y mediana productividad debido al tipo de suelo.

El uso forestal se localiza al norte, este, suroeste y sureste del municipio; y está formado por bosques de coníferas (*Abies-religiosa*, *Pinus sp* y *Quercus*), y se encuentra dividido en zonas protegidas y no protegidas. Las primeras corresponden al Parque Nacional “Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla”, decretado el día 9 de septiembre de 1936 bajo Protección Federal destinado a la conservación de la flora, de la fauna y de las aguas; y el Parque “Otomí-Mexica” bajo Protección Estatal, según decreto del día 8 de enero de 1980 que cubren una superficie de 4,280.05 ha del municipio. Debido a esta situación jurídica, el Parque Nacional se encuentra contenido en lo que es el Parque Estatal Otomí-Mexica.

La zona forestal no protegida corresponde al área comprendida por los derrames lávicos pertenecientes a la Cordillera del Pedregal que conforman un bosque conservado de encinos. El uso recreativo se da predominantemente en el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla en torno al poblado conocido como la Marquesa, en la Presa de Salazar, y en 24 valles recreativos, entre los que destacan los valles del Columpio, del Conejo, del Silencio y del Potrero, todos dentro del territorio del municipio de Ocoyoacac, lo que destaca la importancia del municipio.

La comunidad de San Juan Coapanoaya

La comunidad de San Juan Coapanoaya cuenta con una población de 550 habitantes, de los cuales 167 son comuneros con derechos. En el aspecto ambiental, la comunidad tiene una superficie de 958.5 ha y cuenta con un clima subhúmedo con lluvias en verano; el área se encuentra conservada ya que constantemente se realizan labores de cuidado del bosque y los habitantes realizan actividades de reforestación. El 78% de los comuneros realiza prácticas para la conservación de suelos, destacando la aplicación de abono

Cuadro 1. Principales objetivos de los actores sociales en las dos escalas

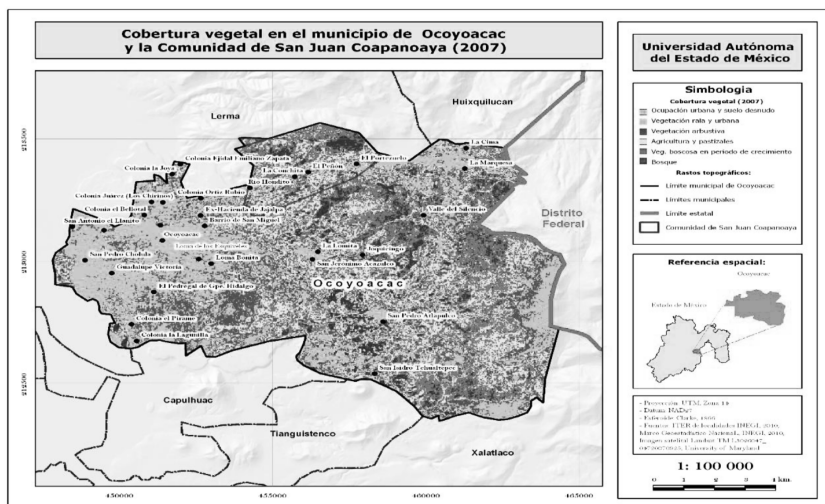
Municipio de Ocoyoacac	Comunal San Juan Coapanoaya
Principales objetivos	Principales objetivos
Incrementar la productividad	Incrementar la productividad
Utilización de abonos orgánicos	Diversidad de actividades
Mantener la productividad agrícola	Disminuir los riesgos de pérdida de cultivos
Disminuir la deforestación	Mayor capacidad de organización
Capacitación a productores	Recuperar zonas en litigio
Disminuir la variación de la producción debido a la variación del clima	Mejorar los procesos de toma de decisiones
Mantener la productividad	
Incrementar la capacidad de organización	

Fuente: elaboración propia.

Análisis cuantitativo de los indicadores de sustentabilidad para el municipio

Como se puede observar en el cuadro 2, los indicadores económicos de rendimiento de los cultivos son altos para el municipio, debido a que cuentan con algunos terrenos de riego y a que los suelos son aptos para estas actividades. Para los indicadores ambientales, los valores son elevados, ya que el municipio presentaba una pérdida de superficie forestal de 780 ha de 1983 al año 2000; si bien el municipio se ha preocupado por realizar labores de reforestación, no han sido suficientes para frenar este fenómeno (figura 3). En lo referente a los indicadores sociales, aunque existen asociaciones y organizaciones sociales en el municipio, no han logrado las estrategias necesarias para activar el desarrollo de las comunidades que integran esta municipalidad.

Figura 3. Cobertura vegetal del municipio de Ocoyoacac y la comunidad de San Juan Coapanoaya



Análisis cualitativo por atributos en el municipio de Ocoyoacac

La productividad se califica como media debido a que los cultivos se destinan al autoconsumo familiar y los excedentes son vendidos; la generación de empleos es muy baja, ya que se utiliza mano de obra familiar y sólo en algunos casos mano de obra local. La estabilidad del sistema también se considera media, pues la continuidad de la producción es estable porque algunos terrenos son de riego y, aunque están expuestos a los factores del clima, el riesgo de pérdidas es por heladas y no por la escasez de lluvias.

La confiabilidad, resiliencia y adaptabilidad del municipio se califica como media, ya que las condiciones físicas del área de estudio no son muy variables, dado que son terrenos planos, lo cual favorece el equilibrio en la productividad y los beneficios esperados por las actividades agrícolas realizadas. A nivel municipal existe mayor diversificación de las actividades agrícolas y en algunos casos ya se usan tecnologías como el tractor y semillas mejoradas.

La autogestión en el municipio se considera media, ya que las organizaciones existentes en el municipio gestionan actividades para beneficio de sus agremiados, y los individuos en la particular hacen gestiones ante las instituciones gubernamentales del sector. La auto organización en el municipio se califica como media pues se cuenta con acceso a créditos y apoyos por parte del gobierno. La equidad en el municipio se considera media, ya que, en general, las propuestas y acciones por parte del municipio se exponen a las asociaciones civiles y sociales.

Análisis cuantitativo de los indicadores de sustentabilidad para la comunidad

Como se puede observar en el cuadro 3, los indicadores económicos de rendimiento de los cultivos agrícolas son bajos y los costos de inversión para estos cultivos son altos comparados con los beneficios económicos obtenidos por la producción de estos cultivos. Los indicadores ambientales muestran valores más elevados, ya que la comunidad se ha preocupado por mantener la zona forestal y constantemente están realizando labores para conservar el área, aunque no perciban un beneficio directo hacia la comunidad por estas actividades. En lo que se refiere a los indicadores sociales por el carácter social de la organización de bienes comunales, ésta muestra un alto grado de participación de un sector de los integrantes de la comunidad, realizando diversas actividades dirigidas a incrementar la participación de los comuneros en las actividades de conservación y cuidado de su comunidad.

Cuadro 2. Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala municipal en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor Actual
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción municipal	1. Total de Producción (ton/ha)	Avena (10), cebada (2.5), haba (4), maíz (3.87)
			2. Valor de la producción (\$/ton)	Avena \$1,100, cebada \$1600, haba \$6000, maíz \$2,200
		Autosuficiencia alimentaria	3. Producción de maíz/Población en actividades primarias (kg/hab)	5.07
	Utilización de abonos orgánicos	Contaminación del agua	4. Producción de maíz/Población total municipal (kg/hab)	0.32
			5. Uso de fertilizantes (kg/año)	500
			6. Uso de Plaguicidas (lt/año)	2
Mantener la productividad agrícola	Riesgos de la producción	7. Área no cosechada (ha/año)	2,304.17 ha 47% de la superficie agrícola municipal	
		8. Valor de la producción en años secos (\$/ton)	Maíz \$2000.00	
		9. Valor de la producción en años fríos (\$/ton)	Maíz \$2000.00	
Disminuir la deforestación	Degradación del suelo	10. Tasa de deforestación (ha/periodo)	780 ha en 17 años = 45.9 ha/año	
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Capacitación a productores	Mecanismos comunales de control y manejo de recursos naturales	11. Control de erosión y mejoramiento del suelo (número de actividades)	3
			12. Reforestación y cuidado del bosque (número de actividades)	3
			13. Regeneración de pastizales (número de actividades)	3
	Disminuir la variación de la producción debido a la variación del clima	Variación de la producción debido a la variación del clima	14. Variación de la producción con variación de temperaturas (kg/evento)	Maíz 200 kg/evento de helada
			15. Variación de la producción con variación de lluvias (kg/evento)	Maíz 400kg/evento de sequía
	Mantener la productividad	Diversidad de actividades	16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos (número de actividades/año)	2 actividades
Autogestión	Incrementar capacidad de organización	Control del sistema	17. Área bajo administración comunal (ha)	8,503 ha
			18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo (% de personas encuestadas pertenecientes a alguna organización)	20/30 personas X 100 = 66.6%
Autoorganización		Organización	19. Tipo y permanencia de las organizaciones locales (número de organizaciones, asociaciones y años de existencia)	5 organizaciones; 9 años de existencia de organizaciones; 7 asociaciones; 9 años de existencia de asociaciones
Equidad		Distribución de costos, beneficios y toma de decisiones.	20. Beneficiarios del sistema (número de personas dedicadas a la actividad agrícola)	275/919X100=30%
			21. Grado de democratización (número de reuniones y participantes en cada reunión)	6 reuniones; 50 participantes/reunión; 20% de participantes respecto a la población inscrita

Fuente: elaboración propia.

Análisis cualitativo por atributos en la comunidad de San Juan Coapanoaya

La productividad es baja debido a que el rendimiento de los cultivos es muy bajo; los cultivos se destinan al autoconsumo; la generación de empleos es casi nula, ya que se emplea la mano de obra familiar, por lo que aumentar la productividad y la diversificación de actividades se consideran como objetivos de la comunidad. La estabilidad del sistema también se considera baja, ya que la producción no es estable por el hecho de que son terrenos de temporal expuestos a los factores del clima, lo que aumenta el riesgo de pérdidas por heladas o escasez de lluvias.

La confiabilidad, la resiliencia y la adaptabilidad del sistema se consideran bajas, ya que las condiciones físicas del área de estudio son muy variables, lo que no permite un equilibrio en cuanto a la productividad y los beneficios esperados de las actividades agrícolas realizadas en el comunal. Aunado a esto, los comuneros no han sido capaces de encontrar nuevas estrategias para diversificar sus actividades, y de tecnologías alternas para mejorar su producción.

La autogestión es baja debido a que el nivel de organización de la comunidad hasta el momento de realizar las entrevistas no era favorable aunque el proceso se tornaba benéfico para la comunidad. La auto organización en la comunidad se considera baja, ya que hasta el momento de hacer la evaluación no contaba con acceso a créditos ni apoyos por parte del gobierno ni de otras instituciones financieras. La equidad en la comunidad es alta, ya que todas las propuestas y acciones son llevadas a consideración en las asambleas de los comuneros.

Comparación conceptual y metodológica de los indicadores y objetivos de los actores sociales en dos escalas espaciales y su integración geográfica

Comparación de los objetivos de los actores sociales en las dos escalas

Como se puede observar en los cuadros 1 y 2, los objetivos son diferentes en las dos escalas debido a que las prioridades de los actores sociales involucrados en el SMRN no son las mismas; para la comunidad, sus límites de acción son reducidos y sus objetivos tienen que ver con su propia supervivencia. En la escala municipal, los objetivos están relacionados con programas y acciones por parte de las instituciones municipales involucradas en los SMRN.

Cuadro 3. Determinación de objetivos, criterios e indicadores para la evaluación de la sustentabilidad para la escala a nivel local en la Comunidad de San Juan Coapanoaya, Estado de México

Atributo	Objetivo	Criterio	Indicador	Valor actual
Productividad Estabilidad	Incrementar la productividad	Producción de la comunidad	1. Producción (ton/ha)	Maíz (1.27), haba (1.12), chícharo (1.25), avena (2.32).
		Carácter de la producción de la comunidad	2. Beneficio/ costo (%)	Maíz (-48) avena (0)
			3. Ingresos (\$/ha)	Haba \$3,925.00 chícharo \$2,750.00
		Autosuficiencia alimentaria	4. Producción de maíz/Consumo de maíz (%)	72
		Labores de retorno	5. Generación de ingresos por unidad de labor (\$/ha/año)	Maíz (\$ 2,420), haba (\$ 5,000), chícharo (\$3,750), avena (\$3,500).
			6. Dependencia de recursos externos (Entradas externas/Total de entradas (cantidad/año))	Fertilizante 3.75 ton/año Pesticidas 1kg /año
		Independencia de entradas externas	7. Autosuficiencia de forrajes (%)	71
			8. Periodo de deficiencia de forrajes (número de meses)	enero/mayo (5 meses)
Confiabilidad Resiliencia Adaptabilidad	Diversidad de actividades	de Ingresos de la Comunidad	9. Ingresos mensuales de la granja/ingresos mensuales totales de la familia (%)	\$244/\$4,137/mes *100 = 5.9
			10. Valor agregado de la producción por transformación familiar (\$/familia/mes)	\$545/familia/mes
	Disminuir los riesgos de pérdida de cultivos	los de Riesgo de pérdida de cultivos	11. Variación de la producción con variación de temperaturas (kg/evento)	Maíz 635 kg/evento de helada
			12. Variación de la producción con variación de lluvias (kg/evento)	Maíz 524.5kg/evento de sequía
		Tiempo de recuperación de la pérdida de producción	13. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año) (número de años)	3 años
		Diversidad de actividades	14. Práctica de técnicas agro ecológicas (actividades/año)	Mejoramiento de suelos (1), cuidado del bosque (1), control de erosión (3).
	Mayor capacidad de organización	de Participación	15. Asistencia a asambleas y otros eventos (eventos/año)	4 asambleas/año
Autogestión	Recuperar zonas en litigio	Autosuficiencia y Control	16. Mecanismos de planeación, ejecución y vigilancia (número de actividades/año)	6 actividades de planeación/año. 4 actividades de ejecución/año. 2 actividades de vigilancia/año.
Auto organización	Mejorar los procesos de toma de decisiones	Organización comunitaria	17. Acceso a créditos, seguros, u otros mecanismos de financiamiento (número/año)	0
Equidad		Distribución de beneficios y toma de decisiones.	18. Mecanismos de toma de decisiones (número de comités y comisiones)	2 comités/año. 2 comisiones/año.
		Grado de democratización	19. Distribución de utilidades y beneficios(\$/persona/año)	0

Fuente: elaboración propia.

Comparación Conceptual de los Indicadores para las dos escalas

En este trabajo, los indicadores fueron formulados de forma que permitan la comparación de alternativas y análisis entre indicadores y entre escalas. Al analizar las diferencias entre los indicadores construidos para ambas escalas de análisis, es evidente que los indicadores no son los mismos en las dos escalas, pues su construcción responde a los objetivos de los distintos actores en cada una de las escalas sin perder su correspondencia.

Los indicadores *total de producción y valor de la producción* del nivel municipal son los mismos para la escala local, agregando en el primero el valor de la producción, ya que una parte se destina a la venta, y en lo local la mayoría es para autoconsumo.

Los indicadores *producción de maíz/población en actividades primarias y producción de maíz/población total municipal* en la escala municipal se construyeron con la finalidad de conocer la producción y el número de personas en esta actividad y el posible consumo de maíz, y con esto determinar si el municipio es autosuficiente en su producción.

Para el nivel local, los indicadores relacionados son el *beneficio/porcentaje de costo, ingresos, producción de maíz/consumo de maíz y generación de ingresos por unidad de labor*, los cuales se eligieron dado que es necesario conocer los costos de la actividad y los beneficios que genera para la población, y si son autosuficientes en la producción de maíz, que es el producto básico de su alimentación.

Los indicadores *uso de fertilizantes y uso de plaguicidas* en la escala municipal representan entradas al sistema y son utilizados para mantener la productividad del sistema; en la escala local, los indicadores relacionados que representan entradas externas son los indicadores locales *dependencia de recursos externos, entradas externas/total de entradas, autosuficiencia de forrajes, periodo de deficiencia de forrajes, los indicadores área no cosechada, valor de la producción en años secos, valor de la producción en años fríos, variación del valor de la producción con variación de temperaturas y variación del valor de la producción con variación de lluvias*; en la escala municipal permiten conocer la superficie que es apta para las actividades agrícolas pero que por alguna razón no es aprovechada, lo cual indica la importancia de utilizar esta superficie para aumentar la producción. Uno de los objetivos de los actores sociales es reducir la variabilidad de la producción al variar los fenómenos climáticos que afectan la producción de alimentos.

En la escala local es importante conocer los ingresos de las familias y el valor agregado que ofrece la transformación de los productos que se obtienen del sistema y que aumenta el valor de la producción; con este fin, se derivaron los indicadores *ingresos de la granja/ingresos totales de la familia, valor agregado de producción por transformación familiar, variación de la producción con variación de temperaturas, y variación de la producción con variación de lluvias*, que permitieron conocer la variación de la producción, ya que los cultivos son de temporal y dependen de las condiciones climáticas. El indicador *tasa de deforestación* en la escala municipal ayuda a conocer la presión que existe sobre los recursos naturales por parte de la población; para la escala local, el indicador relacionado es el *tiempo de recuperación de eventos catastróficos (pérdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año)* y permite conocer el tiempo en que el sistema se recupera de estos eventos.

Los indicadores para la escala municipal *control de erosión y mejoramiento del suelo, reforestación y cuidado del bosque y regeneración de pastizales* se relacionan en la escala local con el indicador *práctica de técnicas agro ecológicas*, determinado con la finalidad de conocer las actividades realizadas para frenar el deterioro de los recursos a nivel de localidad.

Los indicadores *actividades de regulación para acceso y manejo de recursos, área bajo administración comunal, poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo, tipo de organizaciones, estructura y permanencia de las organizaciones locales, beneficiarios del sistema y grado de democratización* en la escala municipal están orientados a los aspectos sociales de regulación y manejo de los recursos naturales, así como a los beneficios que se obtienen; en la escala local, los indicadores relacionados son: *de asistencia a asambleas y otros eventos, mecanismos de planeación ejecución y vigilancia, acceso a créditos seguros, u otros mecanismos, distribución de utilidades y beneficios y mecanismos de toma de decisiones*, los cuales muestran los beneficiarios directos del sistema, la toma de decisiones sobre sus recursos, la forma en que se manejan y la forma de decidir su futuro (cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación conceptual y metodológica de indicadores para la evaluación de la sustentabilidad en escala local y municipal

Escala municipal		Escala local	
Método	Indicador	Indicador	Método
Análisis estadístico de Censos (SEDAGRO, 2008)	1. Total de Producción 2. Valor de la producción	1. Producción.	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de SEDAGRO (2008), INEGI (2010). Encuesta con entrevista estructurada	3. Producción de maíz/Población en actividades primarias 4. Producción de maíz/Población total municipal	2. Beneficio/ porcentaje de costo(-) 3. Ingresos. 4. Producción de maíz/Consumo de maíz. 5. Generación de ingresos por unidad de labor.	Análisis costo-beneficio Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de SEDAGRO (2008). Verificación con entrevista y observación en campo.	5. Uso de fertilizantes 6. Uso de plaguicidas	6. Dependencia de recursos externos. Entradas externas/Total de entradas. 7. Autosuficiencia de forrajes. 8. Periodo de deficiencia de forrajes.	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico del Censo Agropecuario (SEDAGRO, 2008). Encuesta con entrevista estructurada	7. Área no cosechada. 8. Valor de la producción en años secos. 9. Valor de la producción en años fríos.	9. Ingresos de la granja/ingresos totales de la familia. 10. Valor agregado de producción por transformación familiar.	Encuesta con entrevista estructurada
Encuesta con entrevista estructurada	10. Variación del valor de la producción con variación de temperaturas 11. Variación del valor de la producción con variación de lluvias	11. Variación de la producción con variación de temperaturas. 12. Variación de la producción con variación de lluvias.	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis del Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015.Fotointerpretación cartográfica	12. Tasa de deforestación	13. Tiempo de recuperación de eventos catastróficos (perdida de cultivo, incendios forestales, robo o muerte de animales por año)	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de (CONAFOR, 2009). Verificación con observación en campo.	13. Control de erosión y mejoramiento del suelo 14. Reforestación y cuidado del bosque 15. Regeneración de pastizales.	14. Práctica de técnicas agro ecológicas	Encuesta con entrevista estructurada
Análisis estadístico de (PROBOSQUE, 2007); y de (SEDAGRO, 2008). Plan de Desarrollo Municipal 2013-2015.	16. Actividades de regulación para acceso y manejo de recursos 17. Área bajo administración comunal	15. Asistencia a asambleas y otros eventos	Encuesta con entrevista estructurada
Encuesta con entrevista estructurada. Análisis del Padrón de Asociaciones Municipal.	18. Poder de decisión sobre aspectos críticos del sistema de manejo.	16. Mecanismos de planeación ejecución y vigilancia	Análisis del <i>Reglamento de los Bienes Comunales</i>
Entrevista no estructurada.	19. Tipo de organizaciones, estructura y permanencia de las organizaciones locales.		
Entrevista no estructurada.	20. Beneficiarios del sistema	17. Acceso a créditos seguros, u otros mecanismos. 18. Distribución de utilidades y beneficios.	Encuesta con entrevista estructurada Encuesta con entrevista estructurada
Entrevista no estructurada.	21. Grado de democratización	19. Mecanismos de toma de decisiones.	Encuesta con entrevista estructurada

Fuente: elaboración propia.

Comparación metodológica de los indicadores para las dos escalas

En la escala local, la información se obtuvo mediante entrevistas estructuradas aplicadas a los líderes de la Comunidad, y al 30% de los comuneros con derechos sobre las tierras del Comunal de San Juan Coapanoaya. También se realizaron entrevistas no estructuradas a varios integrantes de la comunidad y se realizaron visitas de campo en los terrenos del comunal.

En la escala municipal la información se obtuvo de información documental mediante análisis de información oficial del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2010), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2009), Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México (SEDAGRO, 2008), Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE, 2007). También se realizaron entrevistas estructuradas con líderes sociales para abordar los indicadores del ámbito social (cuadro 3).

Integración geográfica de las dos escalas espaciales

En relación con la actividad agrícola, en la escala de la localidad los valores de producción son más bajos que en la escala municipal, debido a que los terrenos de cultivo en donde se lleva a cabo la actividad agrícola son con pendiente y de temporal, lo cual provoca que su productividad sea baja. La tecnología que utilizan en la comunidad corresponde a la agricultura manual y uso muy poco frecuente de maquinaria agrícola; el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas es escaso, dado que la mano de obra familiar es una constante.

En contraste, en la escala municipal, se observan extensas zonas con baja pendiente y con disponibilidad de riego, lo que permite disminuir los riesgos derivados de las inclemencias del tiempo. En estas áreas localizadas en la porción central del municipio, rodeando a la zona urbana, la producción es más elevada y se logra alta productividad porque el uso de tecnología moderna con fertilizantes químicos y plaguicidas es mayor, es decir, representa la mayor producción agrícola del municipio; en los últimos años, el avance de la mancha urbana y las instalaciones para la industria están ocupando estos terrenos altamente productivos.

Estas condiciones permiten inferir que, en relación con la actividad agrícola, esta localidad presenta baja productividad debido a las condiciones inadecuadas para este sector; el municipio históricamente ha presentado condiciones favorables para la actividad agrícola, que en la actualidad

se van deteriorando debido a los procesos acelerados de urbanización e industrialización del municipio.

Respecto a la actividad forestal, en la escala de la comunidad fue posible observar preocupación por el cuidado de su bosque, ya que de forma constante los comuneros realizan trabajos de reforestación y organizan brigadas contra incendios y la tala clandestina. En contraste, en la escala del municipio, el crecimiento de la zona urbana e industrial ha ido en aumento, por lo que la preocupación por el cuidado del bosque es una actividad que es retomada principalmente por los gobiernos estatal y federal. Debido a estas condiciones, la actividad forestal a nivel local es importante para el municipio porque la localidad posee las áreas con recurso forestal mejor conservadas.

Desde el punto de vista social, un problema de la comunidad es que la población joven no se involucra con las actividades relacionadas con la agricultura debido a que encuentran trabajo en la zona industrial del municipio o en Toluca, lo que ocasiona abandono de estas actividades; asimismo, al sembrar sus terrenos de cultivos genera incertidumbre económica, pues depende de la variabilidad del clima. Este fenómeno de migración pendular laboral hacia las zonas industriales se observa en general en todo el municipio, por lo que la comunidad de San Juan no escapa a esta tendencia.

En la escala municipal, el acceso a préstamos y apoyos gubernamentales es mayor que en la comunidad, con excepción de los apoyos sobre el cuidado del bosque, ya que la comunidad recibe ayuda por parte de los gobiernos estatal y federal, aunque no todos los comuneros cuentan con ésta.

Consideraciones finales

Lovell *et al.* (2002) afirman que la escala de investigación puede restringir la generalidad y utilidad de los resultados. Los problemas de escalado relacionados con tiempo, espacio, instituciones y ambientes han sido apuntados por diversos investigadores (Reintjes *et al.*, 1992; De Camino y Muller, 1993), quienes han propuesto varias soluciones; se han discutido diferentes aspectos de las escalas temporales, biofísicas e institucionales, enfatizando el “fuera de escala”, el cual es utilizado para definir la extrapolación espacial de enfoques exitosos a otros sitios con circunstancias similares, lo que es replicación a la misma escala pero en diferentes localidades. Este concepto involucra un cierto grado de adaptación pero esencialmente el mismo tipo de límites sistémicos.

Los estudios en cada programa temático deben enfocarse a dos niveles: 1) estudios estratégicos que incrementen conocimiento de las precondiciones para el escalado y contribuyan directamente a la formulación de políticas y desarrollo institucional; y 2) estudios interdisciplinarios específicos a diversas escalas que investiguen las limitaciones clave o vacíos de conocimiento, que deben concentrarse en la interconectividad de escalas (Conway, 1994). En este sentido, López-Ridaura (2008) presenta de forma preliminar un novedoso marco metodológico multiescala para la evaluación de sustentabilidad (MMMEES); la estrategia para derivar indicadores es basada en la definición de impacto para los diferentes organismos institucionales interesados y sus principales objetivos y limitaciones.

De acuerdo con López-Ridaura (2008), existen atributos específicos derivados de tendencias disciplinarias y aquellos que pueden ser considerados apropiados a cualquier sistema independiente de la escala de análisis o del enfoque disciplinario. Aun éstos pueden ser clasificados en dos tipos: a) aquellos que se refieren al funcionamiento del sistema en un ambiente específico, independiente de los cambios en su funcionamiento interno y en las interacciones con el ambiente y otros sistemas coexistentes (tales como productividad, eficiencia, reproducibilidad, existencia y efectividad); y b) aquellos que se refieren al funcionamiento continuo del sistema cuando enfrenta cambios en su funcionamiento interno, en su ambiente y en otros sistemas coexistentes, tales como estabilidad, resiliencia, adaptabilidad, coexistencia y seguridad. En este trabajo hemos abordado ambos tipos.

Conclusiones

Sólo entendiendo las relaciones o conexiones entre diferentes escalas será posible formular, por una parte, alternativas de manejo y, por otra, políticas de desarrollo que optimicen la sustentabilidad total de los SMRN, ya que ciertas propiedades emergen en todos los sistemas derivadas de su nivel jerárquico y los ISs deben adaptarse a cada uno de ellos. En el presente estudio se derivaron los indicadores de sustentabilidad de acuerdo con los objetivos de los diferentes actores sociales en las dos escalas de análisis, ya que tienen diferentes intereses y prioridades a la hora de manejar los recursos naturales.

En la escala local uno de las prioridades es incrementar la productividad, pero las condiciones naturales del terreno en donde se desarrolla la actividad agrícola son terrenos con vocación forestal, en los que se tienen rendimientos

agrícolas muy bajos, por lo que no se cuenta con los medios necesarios para realizar un buen manejo de la zona y, por ende, contribuir a mejorar las condiciones de vida de la población. En el nivel municipal, la mayor parte de la zona agrícola son terrenos planos y en algunos lugares tienen riego, por lo que su productividad es más elevada.

El manejo integrado de recursos naturales (MIRN) es complejo y deben ser apuntadas muchas interacciones; consecuentemente, la escala de investigación restringe la generalidad y utilidad de los resultados. Los problemas de escalado deben ser subsanados para definir la extrapolación espacial de enfoques exitosos a otros sitios con circunstancias similares, esto involucra un cierto grado de adaptación pero esencialmente el mismo tipo de límites sistémicos.

Los estudios en cada programa temático deben enfocarse tanto a estudios estratégicos, que incrementen conocimiento de las precondiciones para el escalado y contribuyan directamente a la formulación de políticas y desarrollo institucional, como a estudios interdisciplinarios específicos a diversas escalas que investiguen las limitaciones y que se concentren en la interconectividad de escalas. Para esto, es necesario involucrar a los actores sociales de las diferentes escalas, ya que pueden tener objetivos diferentes y en muchas ocasiones ser totalmente opuestos, dado que cada uno espera un beneficio en el aprovechamiento de los recursos existentes en el ámbito de su escala.

Bibliografía

- Astier, M., 2003: *Evaluación de sustentabilidad. Memorias del curso sobre evaluación de sustentabilidad para el manejo de recursos naturales*. México.
- Astier, Martha y J. Hollands, 2005: *Sustentabilidad y campesinado. Seis experiencias agroecológicas en Latinoamérica*. México, D. F.: Mundiprensa-GIRA-ILEIA, pp. 262.
- Barker, Adam, 2005: Capacity building for sustainability: towards community development in coastal Scotland en *Journal of Environmental Management* 75, 11-19.
- CIFOR, Center for International Forestry Research, 1999: *The criteria & indicators*. Jakarta, Indonesia: Toolbox series.
- CONAFOR, Comisión Nacional Forestal, 2009: *Programa de Manejo para Plantaciones Forestales Comerciales*, México.
- Conway, Gordon, 1994: "Sustainability in Agricultural Development: Trade-offs Between Productivity, Stability, and Equitability" en *Journal for Farming Systems Research and Extension*.
- De Camino, Ronnie y Sabine Muller, 1993: "Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales, bases para establecer indicadores" en *IICA*: 44-93. Germany.
- Dumanski, Julian *et al.*, 1998: "Performance indicators for sustainable agriculture" en *The World Bank*. Washington.

- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1994: *FESLM: an international framework for evaluating sustainable land management*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Soil Resources Report.
- GEM, Gobierno del Estado de México, 2013: *Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de Ocoyoacac 2013-2015*. México.
- González, Carlos *et al.*, 2000: Desarrollo de indicadores de sustentabilidad para agro ecosistemas del Valle de Toluca. Red Gestión de Recursos Naturales, núm.13: 77-87. Toluca, México.
- Gutiérrez, Jesús *et al.*, 2011: "Evaluación preliminar de la sustentabilidad de una propuesta agroecológica, en el Subtrópico del Altiplano Central de México" en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 14, Núm. 2: 567-580.
- Gutiérrez, Jesús *et al.*, 2012: "Evaluación de la sustentabilidad posterior a una intervención agroecológica, en el Subtrópico del Altiplano Central de México" en *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Vol. 15, Núm. 1: 15-24.
- Harrington, L.W., 1992: "Measuring sustainability: issues and alternatives" en *J. Farming Systems Resources*, *Extension* 3: 1-20.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010: *Anuario Estadístico del Estado de México*. Aguascalientes, México.
- IUCN, International Union for the Conservation of Nature, 1997: *Un enfoque para la evaluación del progreso hacia la sustentabilidad*. Serie: Herramientas y capacitación. Cambridge, Reino Unido.
- Lewandowsky, Iris *et al.*, 1999: "Sustainable crop production: Definition and methodological approach for assessing and implementing sustainability" en *Crop Science*, núm. 39.
- López-Ridaura, Santiago, 2008: "La evaluación multiescalar de la sustentabilidad: retos y avances metodológicos" en *Evaluación de Sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional, México: Mundi-prensa*, 95-138.
- Lovell, Chris *et al.*, 2002: "The question of scale in integrated natural resource management" en *Conservation Ecology*.
- Mitchell, Gordon *et al.*, 1995: "PICABUE: A methodological framework for the development of indicators of sustainable development international" en *Sustainable Development World Ecology*, núm. 2.
- PROBOSQUE, Protectora de Bosques del Estado de México, 2007: *Programa de Reforestación y Restauración Integral de Micro cuencas en el Estado de México*. Estado de México. México.
- Reinjtes, Coen *et al.*, 1992: "Farming for the future". London: MacMillan.
- SEDAGRO, Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de México, 2008: *Proyectos Productivos*. Estado de México, México.