

SOSTENIBILIDAD Y ESTRATEGIA EN AGROECOSISTEMAS CAMPEÑINOS DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA

SUSTAINABILITY AND THE STRATEGY USED IN SMALLHOLDING FARMING AGROECOSYSTEMS IN OAXACA VALLES CENTRALES

Ricardo Casas-Cázares*, Félix V. González-Cossío, Tomas Martínez-Saldaña,
Edmundo García-Moya, Benjamín V. Peña-Olvera

Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Km 35.5 Carretera Federal México-Texcoco
56230. Montecillo, Texcoco, México (rcasas@colpos.mx).

RESUMEN

A pesar del consenso mundial para lograr la sostenibilidad no existe acuerdo en la forma de cuantificarla para tomar decisiones prácticas que encaucen el desarrollo sostenible. En este estudio se generó y aplicó el Índice Relativo de Sostenibilidad (IRS) para evaluar la sostenibilidad en tres agroecosistemas de los Valles Centrales, Oaxaca, México. Los valores para cada agroecosistema y para la región se obtienen con la selección, ponderación y calificación de un listado general de variables, que se reducen mediante funciones discriminantes y se asocian a una propuesta para promover la sostenibilidad. Los agroecosistemas evaluados muestran diferencias en la contribución de sus dimensiones ($\alpha=0.0001$) y en la sostenibilidad. La sostenibilidad de los Valles Centrales se califica como muy baja y la poca contribución de la dimensión económica es su principal limitación. La fertilidad y la densidad aparente del suelo, la venta de ganado mayor y la posibilidad de empoderamiento de la mujer en la función pública comunitaria y en la generación de ingresos, son algunas variables a considerar en una propuesta para promover la sostenibilidad regional.

Palabras clave: Agroecosistemas, estrategia, evaluación, Oaxaca, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo sostenible (DS) se ha propuesto como un paradigma que requiere transformaciones sociales, económicas y ambientales profundas al modelo de capitalismo neoliberal, de tal manera que conserve el capital natural para el usufructo y bienestar de las generaciones presentes y futuras. Hay consenso mundial por alcanzar el DS (Adams, 2006; Parris, 2003) y una demanda de desarrollo del enfoque en problemas relacionados al cambio climático, los energéticos, los alimentos y el crecimiento la población, junto con el desarrollo de sistemas de producción múltiple y la conservaciones de bienes y

*Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Enero, 2008. Aprobado: Noviembre, 2008.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 43: 319-331. 2009.

ABSTRACT

Despite the world consensus over the importance of reaching sustainability, there is no agreement on the way to quantify it in order to make practical decisions that may channel sustainable development. In this study, the Sustainability Relative Index (IRS, its Spanish acronym) was developed and applied to evaluate sustainability in three agroecosystems of the Valles Centrales of the state of Oaxaca, México. The values for each agroecosystem and the region are obtained through the selection, weight and qualification of a general list of variables which are reduced by applying discriminant functions and are associated with a proposal to promote sustainability. The agroecosystems evaluated show differences in the contribution of their dimensions ($\alpha=0.0001$) and their sustainability. The sustainability of the Valles Centrales is qualified as very low and its major limitation is its poor economic dimension. Soil fertility and bulk density, livestock sale and the possibility of women's empowerment in community public positions and their generation of income are some of the variables to be considered in a proposal to promote regional sustainability.

Key words: Agroecosystems, strategy, evaluation, Oaxaca, sustainability.

INTRODUCTION

Sustainable development (DS, its Spanish acronym) has been proposed as a paradigm that requires the neoliberal capitalist model to undergo profound social, economic and environmental transformations in order to preserve natural capital for the beneficial use and welfare of the present and future generations. There is world consensus about the need to reach DS (Adams, 2006; Parris, 2003) as well as a demand to focus on issues related to climate change, energy resources, food and population growth together with the development of multiple production systems and the preservation of ecological goods and services (Bennett and Balvanera, 2007; MacDonald, 2008). The diversity of methods, indexes and lists

servicios ecosistémicos (Bennett y Balvanera, 2007; MacDonald, 2008). La diversidad de métodos, índices y listados de indicadores para evaluar la sostenibilidad en el ámbito mundial, nacional, regional, municipal, sistema agrícola y cultivo (Müller, 1996; Masera *et al.*, 1999; Pinter y Hansen, 2008; United Kingdom, 2004), refleja la diversidad de su conceptualización. No hay acuerdo en el número y tipo de indicadores o variables, ni en los niveles en que estas variables sean sostenibles. Se han propuesto metodologías e índices para diseñar y evaluar el DS en distintos ámbitos, pero no se ha cuantificado en el agroecosistema y hay poca integración de las dimensiones sociales, económicas y ecológicas del DS (Casas *et al.*, 2001).

La consideración de la sostenibilidad como un paradigma permite aceptarlo como una eficiente interpretación de un proceso complejo (Casas y Velásquez, 1995) para desarrollar un marco teórico que reconoce las tendencias sociales, económicas y ambientales de un sistema. Se requiere evolucionar del marco discursivo hacia el cuantitativo y operativo, para conducir el desarrollo sostenible de manera precisa, con base en el conocimiento de las variables que induzcan las transformaciones sociales, económicas y ambientales requeridas. Según Kates *et al.* (2001), la ciencia de la sostenibilidad no es de naturaleza disciplinaria, ni de ciencias sociales, ni naturales, es integradora y transdisciplinaria y los métodos, enfoques y conceptos están en elaboración. Así, hay que inventar nuevos esquemas y unidades para constituir la sostenibilidad alrededor de las dimensiones ambientales, sociales y económicas (Spencer y Swift, 1992; Carabias, 1995; Van Hauwermeiren, 1998); se debe desarrollar una estructura determinada para presentar su investigación (Masera *et al.*, 1999) o ajustarla a los formatos existentes.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la sostenibilidad y promover una estrategia en tres agroecosistemas campesinos de los Valles Centrales Oaxaca, usando el Índice Relativo de Sostenibilidad (IRS). La hipótesis fue que hay diferencias entre las comunidades evaluadas por la diferente contribución que aportan las dimensiones y las variables sociales, económicas y ambientales que la integran.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se generó el IRS como un modelo teórico para evaluar sostenibilidad y se cotejó evaluándola en tres agroecosistemas campesinos de los Valles Centrales Oaxaca, México. El producto final del IRS es la propuesta de una estrategia para lograr la sostenibilidad con base a un reducido número de variables. La metodología del IRS surge de la definición del concepto y de varios supuestos; fue descrita por Casas *et al.* (2008) pero es conveniente delinearla.

of indicators to evaluate sustainability at the world, national, regional and municipal level (Müller, 1996; Masera *et al.*, 1999; Pinter L. and Hansen; United Kingdom, 2008), as well as in the agricultural system and farming reflects its multiple conceptualization. There is no agreement in the number and type of indicators or variables, nor in the levels in which these variables are sustainable. Methodologies and indexes have been suggested to design and evaluate DS in different fields, but it has not been quantified in the agroecosystem, and there is little integration of the DS social, economic and ecological dimensions (Casas *et al.*, 2001).

Considering sustainability as a paradigm implies accepting it as an efficient interpretation of a complex process (Casas and Velásquez, 1995) to develop a theoretical framework that acknowledges the social, economic and environmental trends of a system. It is necessary to move forward from the reflective framework to the quantitative and operative in order to adequately lead sustainable development, based on the knowledge of the variables that may favor the social, economic and environmental changes required. According to Kates *et al.* (2001), the science of sustainability has no disciplinary character, nor of social or natural sciences, it is comprehensive and transdisciplinary, and its methods, approaches and concepts are in preparation. Therefore it becomes necessary to create new outlines and units to develop a science based on the environmental, social and economic dimensions (Spencer and Swift, 1992; Carabias, 1995; Van Hauwermeiren, 1998); a specific structure must be designed to present it in a research (Masera *et al.*, 1999) or adjust it to existing formats.

So the objective of the present study was to evaluate sustainability and promote a strategy in three rural agroecosystems of the Valles Centrales of Oaxaca by using the Sustainability Relative Index (IRS). The hypothesis states that there are differences among the communities evaluated as a result of the contributions made by the different dimensions and the social, economic and environmental variables.

MATERIALS AND METHODS

The IRS was created as a theoretical model to evaluate sustainability and was tested in three agroecosystems run by small farmers in the Valles Centrales of Oaxaca. The IRS final product is the proposal of a strategy to attain sustainability on the basis of a reduced number of variables. The IRS methodology emerges from the definition of the concept and various assumptions; it was described by Casas *et al.* (2008) but it is advisable to formulate it further.

La visión y definición de la sostenibilidad

La sostenibilidad se define como la capacidad del sistema ecológico para proveer de bienes y servicios que satisfagan las necesidades humanas actuales sin comprometer su aprovisionamiento futuro (IUCN; UNEP; WWF; 1991). Entonces, la capacidad de un sistema ecológico está en función de las relaciones que los humanos establecen entre sí (dimensión social), de la interacción ser humano-naturaleza y de la transformación hecha en la naturaleza con los instrumentos y tecnología (dimensión económica), y de la capacidad de la naturaleza para desarrollarse y recuperarse de la acción humana (dimensión ambiental). Así la sostenibilidad puede expresarse como una función del crecimiento y desarrollo de sus dimensiones: $S = f(Da, Ds, De)$, donde S = sostenibilidad; Da , Ds y De = las dimensiones ambiental, social y económica.

Con el supuesto de que el desarrollo sostenible es un proceso en el tiempo y espacio, la valoración asignada es un valor puntual relativo. Por tanto, se propone evaluar la sostenibilidad con el índice *IRS* que incluye los componentes de la sostenibilidad, $IRS = f(Da, Ds, De)$. Se enfatiza que el sistema es o no sostenible, no sus componentes, *per se* la sostenibilidad es indivisible. Un complemento a la definición del desarrollo sostenible de la WCED (1987) de que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad para satisfacer las de las generaciones futuras, es asociarlo con la búsqueda y ejecución de estrategias racionales para tal propósito (Gutiérrez, 1997). Esta adición relaciona el concepto de sostenibilidad con un proceso de diseño, operación y evaluación de una estrategia, que actualmente opera en la UE (Castroviejo, 2006).

Supuestos

El *IRS* parte del supuesto de que el *DS* sólo se logra desde un cierto nivel de desarrollo e integración de sus dimensiones social, económica y ambiental. Idealmente el área de la sostenibilidad en un triángulo ocurre cuando hay integración de las dimensiones y sus valores son >0.5 en una escala de 0 a 1 (área achurada, Figura 1). Valores <0.5 denotan ausencia de sostenibilidad (Figura 2), y ausencia de la contribución de sus dimensiones (Figura 3) según la escala propuesta.

El listado, la reducción y selección de variables

El listado de variables en el *IRS* deberá considerar las propuestas en diversos listados, las sugeridas en una encuesta a investigadores relacionados con el desarrollo agrícola y rural regional, así como las variables locales que son importantes según los participantes en la evaluación. El listado no debe ser un simple agregado de las ciencias disciplinarias, ya que requiere reflexión y seleccionar las variables de manera inter y multidisciplinaria. La información recolectada es la base de datos de las variables y se divide en dos grupos: 1) Incluye las variables con promedios semejantes entre las comunidades o sistemas a evaluar, seleccionando cualitativamente aquellas que por su valor inhiben el *DS* regional; 2) incluye las

The vision and definition of sustainability

Sustainability is defined as the capacity of the ecological system to provide goods and services that satisfy current human needs without compromising their future supply (IUCN; UNEP; WWF; 1991). Therefore the capacity of an ecological system depends on the relations that humans establish among themselves (social dimension), the human being-nature interaction and the transformation of nature from the use of instruments and technology (economic dimension) and the capacity of nature to develop and recover from human action (environmental dimension). So sustainability can be expressed as a function of growth and development of its dimensions: $S = f(Da, Ds, De)$, where S = sustainability; Da , Ds and De = environmental, social and economic dimensions.

Under the assumption that sustainable development is a process occurring in time and space, a relative specific value has been assigned. Therefore, the proposal is to evaluate sustainability with the *IRS* index that includes the sustainability components, $IRS = f(Da, Ds, De)$. The emphasis is on the system being sustainable or not sustainable, not its components, sustainability *per se* is indivisible. The definition of sustainable development by the WCED (1987) —namely that it satisfies the needs of the present generations without compromising the capacity to satisfy those of the future— can be complemented with the search and execution of rational strategies to attain such purpose (Gutiérrez, 1997). This addition associates the concept of sustainability with a process of design, operation and evaluation of a strategy that currently operates in the EU (Castroviejo, 2006).

Assumptions

The *IRS* is based on the assumption that *DS* is attained only at a certain level of development and integration of its social, economic and environmental dimensions. The area of sustainability in a triangle occurs ideally when there is integration of the dimensions, and its values are >0.5 in a 0 to 1 scale (shaded area, Figure 1). Values <0.5 denote absence of sustainability (Figure 2), and absence of contribution of its dimensions (Figure 3), according to the scale proposed.

List, reduction and selection of variables

The list of variables in the *IRS* must consider the proposals of various lists. Those suggested in a survey to researchers related to agricultural and rural regional development, as well as the local variables are important, according to participants in the evaluation. The list must not be a mere addition to disciplinary sciences as it requires reflection and the selection of variables in an inter and multidisciplinary fashion. The information gathered is the database of the variables and is divided into two groups: 1) It includes the variables with similar averages among the communities or systems to be evaluated, qualitatively selecting those that inhibit regional *DS*; 2) it includes variables with different averages, and are

variables con promedios diferentes, y cuantitativamente se reducen y seleccionan con base en su máxima varianza para diferenciar a las comunidades en términos sociales, económicos y ambientales mediante funciones discriminantes las cuales permiten, mediante el proceso de estandarización, comparar variables de distinta naturaleza y unidades (Johnson, 2000). Así, cada variable se mantiene como tal según su variación ecológica, económica y social, sin transformaciones. Este procedimiento de discriminación implica que las dimensiones y sus variables tienen la misma ponderación.

Calificación y estandarización de las variables

La calificación de cada variable se relaciona con su tendencia hacia la sostenibilidad y la ubicación de los valores promedio reales en un intervalo, el cual se establece en una escala propuesta por el evaluador, por ejemplo, de -5 a $+5$ y sus límites están definidos por el intervalo proporcional (X_p), el valor promedio mínimo y el máximo absoluto que toma la variable entre las comunidades. En el Cuadro 1 se precisa el proceso y criterio de calificación de las variables, de acuerdo al comportamiento (positivo o negativo) del valor promedio entre las comunidades.

La tendencia a la sostenibilidad entre las variables se asocia con sus valores crecientes o decrecientes y se relaciona con los símbolos $>$ o $<$. Su tendencia también puede ser neutral, dependiendo de la naturaleza de la variable. La calificación de la sostenibilidad con base en su tendencia se justifica, porque no hay una definición de los niveles técnicos óptimos de variables que conduzcan al desarrollo sostenible. Sin embargo, la tendencia relativa a un comportamiento deseado de una variable permite por aproximaciones llegar a un nivel deseado, sin definir su valor óptimo y el criterio de su tendencia se base en el sentido común y el conocimiento básico de las ciencias naturales, económicas y sociales de los evaluadores. La contribución de las dimensiones a la sostenibilidad entre los sistemas de interés se determina mediante un proceso de estandarización que homogeniza la naturaleza de las variables (ambiental, social y económica) y sus mediciones a una escala de 0 a 1, con las ecuaciones:

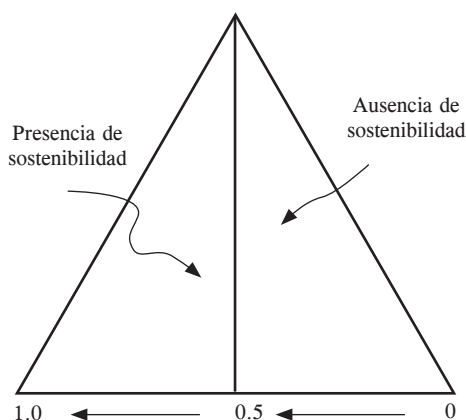


Figura 2. Escala del evaluación del IRS.
Figure 2. IRS evaluation scale.

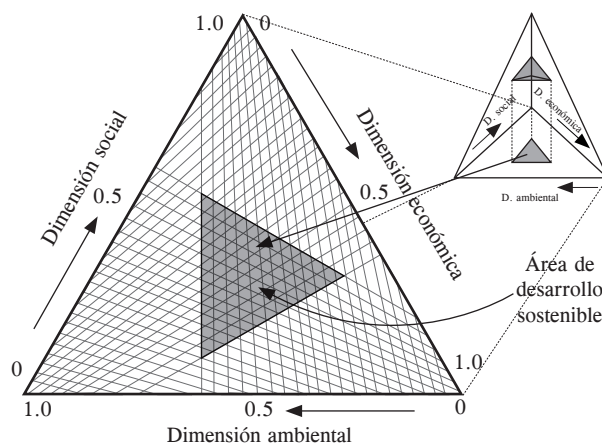


Figura 1. El desarrollo sostenible como integración de sus dimensiones.

Figure 1. Sustainable development as the integration of its dimensions.

quantitatively reduced and selected on the basis of their highest variance to differentiate communities in social, economic and environmental terms through discriminant functions, which allow to compare variables of different nature and units (Johnson, 2000), via the standardization process. Thus each variable is upheld as such according to its ecological, economic and social variation, without changes. This procedure of discrimination implies that the dimensions and variables have the same weight.

Qualification and standardization of variables

The qualification of each variable is associated with its trend towards sustainability and the location of the real average values in an interval, which is established on a scale proposed by the evaluator, for example, from -5 to $+5$, and its limits are defined by the proportional interval (X_p), the minimum average value and the maximum absolute value of the variable in the communities. In Table 1 the process and criterion of qualification of the variables is

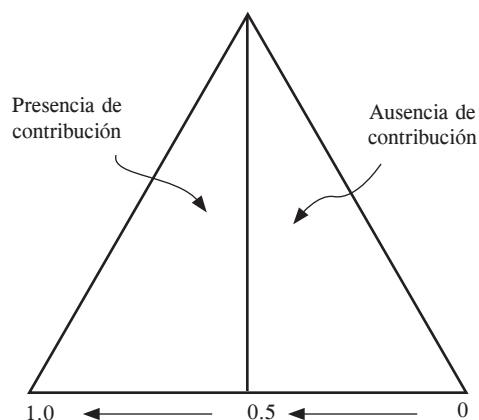


Figura 3. Escala de evaluación de las dimensiones.
Figure 3. Dimension evaluation scale.

Cuadro 1. Transformación y calificación de los valores reales de una variable continua a una escala discreta, empleando cinco intervalos.**Table 1. Transformation and qualification of the real values of a continuous variable at an average scale using five intervals.**

Intervalo de calificación de la variable	Condición del intervalo si los promedios:		
	Son positivos y la tendencia es positiva [†]	Son negativos y la tendencia es positiva, o la tendencia es cero	Son positivos y negativos con tendencia positiva
Califica = ± 1	$X \leq X_{(1)} + X_p$	$X > X_{(5)} - X_p$	$X \leq 0 \pm X_p$
Califica = ± 2	$X_{(1)} + X_p > X \leq X_{(1)} + 2X_p$	$X_{(1)} + 3X_p > X \leq X_{(1)} + 4X_p$	$\pm X_p > X \leq \pm 2X_p$
Califica = ± 3	$X_{(1)} + 2X_p > X \leq X_{(1)} + 3X_p$	$X_{(1)} + 2X_p > X \leq X_{(1)} + 3X_p$	$\pm 2X_p > X \leq \pm 3X_p$
Califica = ± 4	$X_{(1)} + 3X_p > X \leq X_{(1)} + 4X_p$	$X_{(1)} + X_p > X \leq X_{(1)} + X_p$	$\pm 3X_p > X \leq X \pm 4X_p$
Califica = ± 5	$X > X_{(5)} - X_p$	$X \leq X_{(1)} + X_p$	$X > X_{(5)} - X_p$

[†] X es el valor de la variable en evaluación en cada comunidad; $X_{(1)}$ es el menor valor absoluto de las comunidades evaluadas que toma la variable; $X_{(5)}$ es el valor absoluto mayor que tiene la variable en las comunidades; y X_p es la parte proporcional del espacio de evaluación de la variable dividido entre cinco $(X_{(5)} - X_{(1)})/5$. X is the value of the variable under evaluation in each community; $X_{(1)}$ is the lowest absolute value of the variable registered in the communities; $X_{(5)}$ is the highest absolute value of the variable; and X_p is the proportional part of the variable divided by five $(X_{(5)} - X_{(1)})/5$.

$$(1) C_{kt} = \left(\sum_{i=1}^{I_{kt}} V_{ikt} \right) / I_{kt} * e, \quad (2) IRS_t = \left(\sum_{k=1}^{K_t} C_{kt} * I_{kt} \right) / \sum_{k=1}^{K_t} I_{kt},$$

$$(3) IRS_t = \sum_{k=1}^{K_t} \sum_{i=1}^{I_{kt}} V_{ikt} / I_{kt} * e,$$

donde, C_{kt} = la contribución de la dimensión o atributo k -ésimo al IRS en el tiempo t -ésimo; I_{kt} = número de variables o indicadores de las k dimensiones o atributos en el tiempo t ; V_{ikt} = valor del i -ésimo indicador en la escala de Likert, en el $i = 1, 2, 3 \dots I_{kt}$, $k = 1, 2, 3 \dots K_t$, $t = 1, 2, 3 \dots T$; e = valor máximo absoluto de la escala Likert de los V_{ikt} , e $IRS_t = IRS$ en el tiempo t . La escala Likert es una de evaluación discreta que propone el evaluador para convertir los valores naturales en clases. Estas clases son números naturales de acuerdo con una escala propuesta por el investigador. Por ejemplo de $-5, -4, -3, -2, -1$ a $+1, +2, +3, +4, +5$, como en el presente estudio.

La primera ecuación estima la contribución de las dimensiones (C_{kt}) para la región y por comunidad en una escala de 0 a 1, mientras que la segunda y tercera estiman el IRS de sostenibilidad para la región y las comunidades entre -1 y 1 . En términos prácticos, los valores de sostenibilidad oscilan entre 0 y 1, ya que valores negativos implican sistemas que no sustentan sociedades humanas. La cuantificación del IRS se logra con la modificación a la matriz propuesta de Müller (1996) y a las ecuaciones de Gutiérrez (1997). Las Figuras 2 y 3 ilustran la escala de evaluación propuesta para las dimensiones y del IRS .

Calificación y prioridad de la sostenibilidad

Para auxiliar a quienes toman decisiones sobre la prioridad de atención a los programas de desarrollo rural sostenible, se propone una calificación de prioridad de atención a los sistemas evaluados en una escala de 1 a 10. Asimismo, se ordena la cuantificación de la contribución de las dimensiones al desarrollo sostenible y del IRS en

presented in accordance with the behavior (positive or negative) of the average value among the communities.

The trend towards sustainability among the variables is associated with its rising or declining values and is represented with the symbols $>$ or $<$. Its trend can also be neutral, depending on the variable's nature. The qualification of sustainability based on its trend is justified since there is no definition of the optimum technical levels of variables that may lead to sustainable development. However, the trend related to the expected behavior of a variable allows via approximations to reach the desired level, without defining its optimum value, and the criterion of its trend is based on the evaluators' common sense and their basic knowledge on natural sciences, economics and social sciences. The contribution of dimensions to the sustainability of systems of interest is determined through a standardization process that homogenizes the nature of variables (environmental, social and economic) and their measurements at a scale of 0 to 1 with the following equations:

$$(1) C_{kt} = \left(\sum_{i=1}^{I_{kt}} V_{ikt} \right) / I_{kt} * e, \quad (2) IRS_t = \left(\sum_{k=1}^{K_t} C_{kt} * I_{kt} \right) / \sum_{k=1}^{K_t} I_{kt},$$

$$(3) IRS_t = \sum_{k=1}^{K_t} \sum_{i=1}^{I_{kt}} V_{ikt} / I_{kt} * e,$$

where, C_{kt} = the contribution of the k^{th} dimension or attribute to the IRS in time t^{th} ; I_{kt} = number of variables or indicators of the k dimensions or attributes in time t ; V_{ikt} = value of i^{th} indicator in the Likert scale, in $i = 1, 2, 3 \dots I_{kt}$, $k = 1, 2, 3 \dots K_t$ and, $t = 1, 2, 3 \dots T$; e = maximum absolute value in the Likert scale of the V_{ikt} , and $IRS_t = IRS$ in time t . The Likert scale is an average evaluation proposed by the evaluator to turn natural values into classes. These classes are natural numbers according to a scale proposed by the researcher. For example, from $-5, -4, -3, -2, -1$ to $+1, +2, +3, +4, +5$, like in the present study.

quintiles, de acuerdo con su contribución y sostenibilidad (Cuadro 2). Para transformar la escala de sostenibilidad de 0-1 a 0-100 %, se resta 0.5 a los valores de calificación obtenidos en la dimensión y en el *IRS*; este producto se toma como un valor absoluto que se multiplica por una constante de 200.

El cotejo del modelo:

El área, la unidad y las variables de evaluación

El área

Se seleccionaron tres comunidades de la región de los Valles Centrales, ubicada en el centro del estado de Oaxaca al sur de México, con climas de templado a seco. La agricultura es minifundista, de temporal, poca irrigación, bajo nivel de producción y productividad; las comunidades corresponden a tres sistemas terrestres que cubren poco más de 50 % de la superficie de laderas y de planicie donde se practica la agricultura y la ganadería en los Valles Centrales.

La unidad

El agroecosistema es la unidad mínima para diseño y evaluación de sostenibilidad, acorde con su visión y definición. Es el área biofísica donde se establecen relaciones socioeconómicas entre las personas para transformar a la naturaleza y a sí mismos, con el fin de obtener productos, subproductos y otros satisfactores para la permanencia de las generaciones en la misma área.

Las variables

Según la información disponible en las tres comunidades se generó el listado de variables considerando las propuestas de listados existentes, las sugeridas en una encuesta a investigadores del desarrollo agrícola y rural regional y aquellas consideradas de interés acorde al concepto de sostenibilidad. La evaluación se inició en 2001 con una base de datos sociales, económicos y ambientales de 91 variables: 28 tuvieron un promedio similar entre comunidades; 63 tuvieron promedios diferentes entre las comunidades (27, 20 y

The first equation estimates the contribution of the dimensions (C_{ki}) for the region and each community at a scale of 0 to 1, while the second and third estimate the sustainability *IRS* for the region and communities between -1 and 1. In practical terms, the sustainability values range between 0 and 1, since negative values imply the presence of systems that do not sustain human societies. The quantification of the *IRS* is obtained by modifying the matrix by Müller (1996) and the equations by Gutiérrez (1997). Figures 2 and 3 illustrate the scale of evaluation proposed for the dimensions and the *IRS*.

Sustainability qualification and priority

To assist those who take decisions over the priority of attention to be given to sustainable rural development programs, the proposal is a qualification of priority attention to the evaluated systems with a 1 to 10 scale. Also the use of quintiles is instructed for the quantification of the contribution of the dimensions and the *IRS* to sustainable development (Table 2). In order to change the sustainability scale from 0-1 to 0-100 %, 0.5 is subtracted to the qualification values obtained in the dimension and the *IRS*. This figure is considered an absolute value to be multiplied by a constant of 200.

The model check:

The area, the unit and the evaluation variables

The area

Three communities were selected in the region of Valles Centrales, located in central Oaxaca, with a climate varying from temperate to dry. Agriculture is of smallholdings, rainfed, with little irrigation, and low production and productivity rates; three terrestrial systems are included, accounting for a little more than 50 % of the hillside and plain surface area, where agriculture and cattle farming are practiced.

Cuadro 2. Escala de evaluación y prioridad de atención del IRS y sus dimensiones.

Table 2. Scale of evaluation and priority of attention of the IRS and its dimensions.

Descripción de la calificación de las dimensiones		Clasificación porcentual de las dimensiones	Escala de evaluación del IRS y de la dimensión	Clasificación porcentual de la sostenibilidad	Descripción de la calificación de la sostenibilidad		Orden de atención
Muy alta	Ausencia de contribución	[80 - 100]	[0.0 - 0.1]	[80 - 100]	Muy alta	Ausencia	1
Alta		[60 - 80]	[0.1 - 0.2]	[60 - 80]	Alta		2
Mediana		[40 - 60]	[0.2 - 0.3]	[40 - 60]	Mediana		3
Baja		[20 - 40]	[0.3 - 0.4]	[20 - 40]	Baja		4
Muy baja		[0 - 20]	[0.4 - 0.5]	[0.0 - 20]	Muy baja		5
Muy baja	Presencia de contribución	[0 - 20]	[0.5 - 0.6]	[0.0 - 20]	Muy baja	Presencia	6
Baja		[20 - 40]	[0.6 - 0.7]	[20 - 40]	Baja		7
Mediana		[40 - 60]	[0.7 - 0.8]	[40 - 60]	Mediana		8
Alta		[60 - 80]	[0.8 - 0.9]	[60 - 80]	Alta		9
Muy alta		[80 - 100]	[0.9 - 1.0]	[80 - 100]	Muy alta		10

16 variables de tipo ambiental, social y económico), de las cuales se seleccionaron a 18 (6 de cada dimensión) con base en su varianza derivada del proceso de funciones discriminantes usando SAS (1985). Con el conjunto de estas 18 variables (Cuadro 3) se califica y se cuantifica la sostenibilidad y mediante funciones discriminantes se reduce y se seleccionan las variables asociadas con una estrategia para la región, con base en la máxima varianza social, económica y ambiental entre las comunidades. Las variables se observaron en la unidad familiar campesina y se homogeneizaron por miembro de la familia, por hectárea o por familia según el tipo de variable. El tamaño de la muestra fue 55 determinado con un muestreo simple al azar con una precisión de 90 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se observa la transformación y calificación de las variables seleccionadas por su tendencia para promover o inhibir la sostenibilidad en la escala ordinaria de 1 a 5, de acuerdo al proceso de transformación y los criterios de calificación propuestos del Cuadro 1.

Los valores negativos del saldo en el campo se explica por la transferencia de valores de la ciudad al campo, que es compensada con una disminución de la calidad de vida de los habitantes del campo y un deterioro de sus recursos naturales (Palerm, 1998).

La evaluación de la sostenibilidad y la contribución de las dimensiones

La contribución de las dimensiones al *DS*, su cuantificación, calificación y prioridad de atención a las

The unit

The agroecosystem is the minimum unit for the design and evaluation of sustainability in accordance with the latter's vision and definition. It is the biophysical area where people establish socioeconomic relations to transform nature and themselves, in order to obtain products, subproducts and other satisfiers for the stay of generations in the same area.

Variables

According to the information available in the three communities, a list of variables was created based on the proposals of existing lists, those suggested by regional rural agricultural development researchers in a survey and those considered of interest as to the concept of sustainability. The evaluation began in 2001 with a social, economic and environmental database of 91 variables, of which 28 registered a similar average among communities; 63 showed different averages (27, 20 and 16 variables of the environmental, social and economic types), of which 18 were selected (6 in each dimension) based on their variance resulting from the process of discriminant functions using SAS (1985). With this set of 18 variables (Table 3) sustainability is qualified and quantified, and by using discriminant functions, it is possible to reduce and select the variables associated with a strategy for the region, on the basis of the maximum social, economic and environmental variance among the communities. The variables were observed in the smallholding family unit and were homogenized by family member, by hectare or by household, depending on the variable. The size of the sample was 55, obtained through a simple random sampling with a 90 % accuracy.

Cuadro 3. Listado de variables ambientales (X_n), sociales (Y_n) y económicas (Z_n) seleccionadas para cuantificar la sostenibilidad.
Table 3. List of environmental (X_n), social (Y_n) and economic variables (Z_n) selected to quantify sustainability.

	Variable	Unidades
X2	Superficie de riego	ha/miembro
X3	Superficie de temporal	ha/miembro
X5	Superficie abonada químicamente	ha/miembro
X7	Profundidad media de suelo	cm
X8	Densidad aparente	g cm ⁻³
X10	Capacidad de intercambio catiónico del suelo	104 me m ⁻²
Y3	Migrantes por familia	%
Y4	Total de trabajadores	%
Y6	Mujeres que trabajan y generan ingreso	%
Y8	Ilustrados en la familia	%
Y12	Diferencia de escolaridad entre hombres y mujeres	Años
Y18	Posibilidad de cargo público por mujer	unidades ordinales
Z3	Proporción del suelo total que es irrigado	%
Z4	Proporción del suelo total abonado químicamente	%
Z8	Ganado mayor vendido al año	\$
Z10 [†]	Saldo anual	\$
Z11	Gasto anual en la educación por miembro de la familia	\$
Z13	Bienes de capital de trabajo	unidades ordinales

[†] Es la diferencia de ingresos y egresos anuales en la unidad familiar ❖ It is the difference of annual incomes and expenses in the family unit.

Cuadro 4. Transformación y calificación del promedio de las variables seleccionadas.
Table 4. Transformation and qualification of the average of the variables selected.

Variable original	Promedio general	Promedio por comunidad			Calificación de la variable por comunidad en escala 1-5			Tendencia a la sostenibilidad
		El Trapiche	El Cuajilote	San Juan de Dios	El Trapiche	El Cuajilote	San Juan de Dios	
X ₂	0.30	0.35	0.13	0.42	4	1	5	a > X2
X ₃	0.51	0.29	0.84	0.461	1	5	2	a > X3
X ₅	0.47	0.42	0.89	0.07	3	1	5	a < X5
X ₇	24.06	25.58	15.13	31.85	4	1	5	a > X7
X ₈	1.60	1.70	1.56	1.50	1	4	5	a < X8
X ₁₀	103.73	81.43	46.54	202.74	2	1	5	a > X10
Y ₃	0.58	0.53	0.52	0.706	3	1	5	a < Y3
Y ₄	69.98	76.11	74.52	55.42	5	5	1	a > Y4
Y ₆	15.66	24.71	4.90	14.00	5	1	3	a > Y6
Y ₈	8.79	12.57	11.45	0.00	1	1	5	a < Y8
Y ₁₂	-0.28	1.19	-0.34	-2.50	3	5	1	Y12 = 0
Y ₁₈	1.94	3.26	1.00	1.00	5	1	1	a > Y18
Z ₃	55.79	77.66	18.10	64.97	5	1	4	a > Z3
Z ₄	82.92	198.29	0.00	0.00	5	1	1	a > Z4
Z ₈	167.96	56.21	78.43	440.77	1	1	5	a > Z8
Z ₁₀	-974.91	140.04	-349.70	-3393.11	1	-1	-5	a > Z10
Z ₁₁	327.12	97.58	148.58	854.22	1	1	5	a > Z11
Z ₁₃	1.98	1.47	1.58	3.20	1	1	5	a > Z13

comunidades evaluadas de acuerdo a la aplicación de ecuaciones y criterios de los cuadros 2 y 3, se presenta en el Cuadro 5.

En general, la evaluación indica una muy baja sostenibilidad para los Valles Centrales Oaxaca, con un *IRS* de 0.51, es decir hay sólo 3.7 % de sostenibilidad. La contribución de las dimensiones a la sostenibilidad es diferente para la región y entre las comunidades. En la región la dimensión económica contribuye 0.36 a la sostenibilidad y presenta un bajo crecimiento; por tanto, se considera que inhibe el *DS* en los Valles Centrales. Las comunidades El Trapiche y San Juan de Dios presentan un muy bajo y bajo nivel de sostenibilidad con un *IRS* de 0.52 y 0.68, mientras que en El Cuajilote hay ausencia de sostenibilidad (*IRS* 0.34).

La sostenibilidad en El Trapiche y la región de los Valles Centrales Oaxaca con una contribución de la dimensión económica menor a 0.5, indica la posibilidad de integración con el desarrollo de dos de las dimensiones, aunque una tercera esté en crecimiento o con escasa contribución. La muy baja sostenibilidad en la región refleja el persistente descuido del sector agrícola y la ausencia de políticas apropiadas para esta población rural y agrícola (Malassis, 1973; Casas *et al* 2007). Pero obliga a plantear una estrategia para mejorar la sostenibilidad; así, las actividades inherentes a la selección y a elevar o reducir su promedio, según la tendencia de estas variables para promover el *DS*, son elementos claves con el supuesto de un efecto positivo sobre las demás variables.

RESULTS AND DISCUSSION

In Table 4 it is shown the transformation and qualification of the variables selected for their trend towards promoting or inhibiting sustainability in the normal scale of 1 to 5, according to the transformation process and the qualification criteria proposed in Table 1.

The negative balance in the countryside is the result of the transfer of values from urban to rural areas, a decline in the quality of life of country people and a deterioration of their natural resources (Palerm, 1998).

The evaluation of sustainability and the contribution of dimensions

In Table 5 it is shown the dimensions' contribution to *DS*, the results obtained, the qualification and the priority of attention of the communities evaluated in accordance with the equations and criteria used in tables 2 and 3.

In general, the evaluation indicates that sustainability in the Valles Centrales of Oaxaca is very low, with an *IRS* of 0.51, that is, only 3.7 % of sustainability. The contribution of dimensions to sustainability is different for the region and among the communities. In the region the economic dimension contributes 0.36 to sustainability and exhibits small growth. Therefore, it inhibits *DS* in the Valles Centrales. The communities of El Trapiche and San Juan de Dios show a very low

Cuadro 5. Evaluación y calificación de la sostenibilidad y la contribución de sus dimensiones en tres Comunidades de los Valles Centrales, Oaxaca.**Table 5. Evaluation and qualification of sustainability and the contribution of its dimensions in three communities of the Valles Centrales, Oaxaca.**

Comunidades	Dimensión			IRS	Sostenibilidad		
	Ambiental	Económica	Social		Calificación	%	Prioridad
El Trapiche	0.50	0.33	0.73	0.52	Muy baja presencia	4.44	6
El Cuajilote	0.43	0.13	0.46	0.34	Baja ausencia	31.12	4
San Juan de Dios	0.90	0.63	0.53	0.68	Baja presencia	37.76	7
Contribución	0.61	0.36	0.57	0.51	Muy baja presencia		
Calificación	Baja presencia	Baja ausencia	Muy baja presencia				
%	22.22	26.66	15.55			3.7	
Prioridad	7	3	6				6

La selección de variables para la estrategia

El análisis estadístico de funciones discriminantes en las 18 variables muestra diferencias estadísticas ambientales, sociales y económicas entre las comunidades ($p \leq 0.0001$), tanto en la distancia cuadrada de Mahalanobis como en las pruebas de estadística multivariada de lambda de Wilks, la traza de Pillai, la traza de Lowly-Hotelling y la raíz máxima de Roy, así como la prueba de razón y verosimilitud para las funciones discriminantes uno y dos (FD1 y FD2). Con la integración de las dimensiones, la primer función discriminante explica 71.96 % de la varianza y la segunda función 28.04 %, lo que indica que el modelo usado fue apropiado.

Según la selección de variables por el mayor valor de los coeficientes canónicos dentro de clases (Cuadro 6), se seleccionaron las variables superficie fertilizada (X5), capacidad de intercambio catiónico (X10), empoderamiento de las mujeres en cargos públicos de la comunidad (Y18), proporción del suelo abonado químicamente (Z4), y venta de ganado mayor (Z8). Dada la semejanza de acciones que representan las variables de la superficie de suelo fertilizado por miembro de

and low level of sustainability with an *IRS* of 0.52 and 0.68, while in El Cuajilote there is absence of sustainability (*IRS* 0.34).

Sustainability in El Trapiche and the region of the Valles Centrales in Oaxaca, with an economic dimension contribution lower than 0.5, indicates the possibility of integration with the development of two of the dimensions, even though a third one may be growing or registering a very small contribution. The very low sustainability in the region reflects the persistent neglect inflicted on the agricultural sector and the absence of appropriate policies for the rural and agricultural population (Malassis, 1973; Casas *et al.*, 2007). Yet it leads to devise a strategy to improve sustainability; thus the activities inherent of selecting and raising or reducing its average, in accordance with the trend of these variables to promote DS, are key elements considering the assumption of a positive effect over the other variables.

The selection of variables for the strategy

The statistical analysis of discriminant functions in the 18 variables shows the environmental, social

Cuadro 6. Relación de coeficientes canónicos estandarizados de las funciones discriminantes FD1 y FD2 con las variables originales dentro de clases.**Table 6. Relation of canonical coefficients standardized from the discriminant functions FD1 and FD2 with the original variables within classes.**

Variable original [†]	FD1	FD2	Variable original [†]	FD1	FD2	Variable original [†]	FD1	FD2
X ₂	0.1032	0.0494	Y ₃	-0.0230	-0.4880	Z ₃	0.0020	0.10604
X ₃	-0.3328	-0.1238	Y ₄	-0.2766	-0.0250	Z ₄	0.9410	-0.2626
X ₅	0.7208	-0.0025	Y ₆	0.2763	0.4351	Z ₈	-0.3925	0.8066
X ₇	-0.3241	0.0911	Y ₈	0.0747	-0.5195	Z ₁₀	0.0968	-0.2096
X ₈	0.3187	0.7633	Y ₁₂	0.1942	-0.0608	Z ₁₁	0.5433	-0.3994
X ₁₀	-0.7666	0.3721	Y ₁₈	0.3101	1.0291	Z ₁₃	-0.0855	0.22301

[†] Variables definidas en el Cuadro 3 ♦ Variables defined in Table 3.

la familia y su proporción en relación al total de tierra (X5 y Z4), se incluye una variable ambiental (la densidad aparente). Para la dimensión social se complementa el listado con la participación de la mujer en el trabajo que genera ingresos (Y6). La selección de estas variables adicionales se hace con base en el coeficiente de mayor valor que sigue dentro de la dimensión, considerando las dos funciones discriminantes (Cuadro 6).

Elementos de una estrategia para promover la sostenibilidad

Un aumento en la capacidad de intercambio catiónico del suelo se asocia con mayores niveles de materia orgánica y a mayor productividad de los suelos (Brady y Weil, 1999). Lo mismo sucede con el aumento en la adición de abono químico a la superficie agrícola, debido a la condición deficitaria de nutrientes en los suelos de la región. Sin embargo, un aumento en el uso de abono químico reduce la actividad microbiana del suelo y hacen al cultivo dependiente de nutrientes químicos externos, lo que afecta negativamente la sostenibilidad; pero debido a la insuficiencia de materia orgánica para cubrir las necesidades agrícolas, se recomienda una mezcla de ambos, para obtener mejores resultados (Rasmussen *et al.*, 1998).

Las variables sociales que deben enfatizarse son la generación general de empleo, el empleo femenino que genere ingresos, y un mayor empoderamiento en puestos públicos comunitarios, debido a la relevancia que adquieren las mujeres ante la migración del varón y su necesario desarrollo de roce institucional para gestionar apoyos. El ganado mayor es importante en las familias de comunidades rurales de los Valles Centrales porque representa su reserva para afrontar eventos inesperados o planeados de naturaleza socio-cultural, dando estabilidad familiar y mayor tendencia a la sostenibilidad. Este ingreso puede aumentar al reducir los costos de alimentación, mejorar la nutrición y la sanidad del ganado. Una alternativa es la promoción y operación de módulos agro-ecológicos comunitarios y asociarlos a proyectos productivos vía microempresas y organización en cooperativas para la compra y venta de insumos y productos.

Las variables que complementan los elementos del Plan Maestro de una estrategia en la región incluyen algunas de las 28 variables con promedios semejantes entre las comunidades, no incluidas en la cuantificación de la sostenibilidad, pero incluidas al seleccionarse por un proceso cualitativo y por considerar que la condición en que están presentes puede afectar positiva o negativamente la sostenibilidad. Se asociaron

and economic statistical differences among the communities ($p \leq 0.0001$), in the square distance of Mahalanobis, the lambda multivariate statistical tests by Wilks, the plan by Pillai, the plan by Lowly-Hotelling as well as the maximum root by Roy, and the likelihood ratio test for discriminant functions one and two (FD1 and FD2). With the integration of the dimensions, the first discriminant function explains 71.96 % of the variance and the second function 28.04 %, indicating that the model used was appropriate.

According to the selection of variables for the highest value of canonical coefficients within classes (Table 6), the variables selected were: fertilized surface (X5), cation exchange capacity (X10), empowering of women in public posts in the community (Y18), proportion of chemically fertilized soil (Z4), and cattle sale (Z8). In view of the similarity of actions exhibited in the variables of the soil surface fertilized by a family member and its proportion in relation to total land (X5 and Z4), an environmental variable is included (bulk density). In the social dimension, the list is complemented with women incorporated to remunerative work (Y6). The selection of this additional variables is made on the basis of the next highest value coefficient of the dimension, considering the two discriminant functions (Table 6).

Elements of a strategy to promote sustainability

An increase of the soil cation exchange capacity is associated with higher levels of organic matter and greater soil productivity (Brady and Weil, 1999). The same occurs with a greater addition of chemical fertilizer into the agricultural surface due to the deficit of nutrients in regional soils. But a larger amount of chemical fertilizer reduces the soil microbial activity making crops dependent on external chemical nutrients, which negatively affects sustainability. However, because of the lack of organic matter to meet agricultural needs, a mixture of both is recommended for better results (Rasmussen *et al.*, 1998).

The social variables that require further attention are: the general creation of jobs, women's remunerated jobs, and a greater empowerment of women in public posts in the community, as their involvement has acquired great relevance in view of men's migration, and therefore their institutional development has become necessary to obtain support. Cattle is an important resource for families of the Valles Centrales rural communities as it represents a reserve to face

las variables de la dimensión social: el servicio social (Tequio), la solidaridad (Gueza), la cohesión familiar (Goodland y Daly, 1996), la ausencia de drogadicción, alcoholismo e inseguridad social (delincuencia), la baja incidencia de madres y padres adolescentes, como elementos positivos de la dimensión social en las comunidades de la región. Es decir, que las áreas rurales de los Valles Centrales, Oaxaca son socialmente seguras.

Algunos elementos negativos que inhiben importantemente el desarrollo sostenible en las comunidades, incluyen la falta de apoyos institucionales al campo como crédito, seguro, asistencia técnica, programas de capacitación para el trabajo, maquila para realizar labores de cultivo, equipo apropiado e inversión en infraestructura en sistemas de riego, que se consideran factores claves para los programas de desarrollo agrícola y rural (Todaro, 1977). Entonces, para convertir el campo en un detonador del desarrollo se debe diseñar y promover programas para llevar estos servicios al campo, pero no con esquemas paternalistas, asistenciales o en extremo empresariales que no han tenido los efectos deseados. Una combinación de elementos participativos entre los habitantes de esta área pudiera ser lo más apropiado, canalizando recursos para programas específicos, y seleccionando con esta metodología a los municipios con mayor prioridad para un uso más equitativo de los recursos.

Un programa de desarrollo rural sostenible comunitario implica reconocer sus limitaciones y potencialidades. Los elementos de la estrategia propuesta deben ser analizados, modificados, reestructurados o ratificados por los pobladores de las comunidades y representantes institucionales de la región. Lo trascendente en este proceso es que la gente haga suyo y ejecute su propio programa, sea sujeto y no objeto de su propio desarrollo. Es necesario que la gente tenga conciencia de su capacidad para resolver sus propios problemas y para un mejor futuro.

CONCLUSIONES

El IRS indica que la sostenibilidad en los Valles Centrales de Oaxaca es muy baja, con diferencias entre los agroecosistemas y en la contribución de las dimensiones a la sostenibilidad. La contribución de la dimensión económica es limitativa e inhibe el desarrollo sostenible de la región. El agroecosistema San Juan de Dios presenta una relativa mayor sostenibilidad, El Trapiche intermedia y en El Cuajilote no hay. La fertilidad del suelo, la densidad aparente, la participación de la mujer en la generación de ingresos por trabajo y su empoderamiento en la función pública comunitaria, el ingreso por la venta de

unexpected or planned events of a socio-cultural nature, and provides family stability and a greater trend towards sustainability. This income can increase by reducing cattle feeding expenses, and enhancing its nutrition and health conditions. An alternative is the promotion and operation of community agroecological modules and associating them with productive projects via microenterprises and the organization of cooperatives for the purchase and sale of inputs and products.

The variables complementing the Master Plan of a strategy in the region include some of the 28 variables with similar averages among the communities, not included in the quantification of sustainability but included in the selection through a qualitative process, and after considering that the condition in which they are present may affect sustainability in a positive or negative way. The social dimension variables associated were: social service (Tequio), solidarity (Gueza), family unity (Goodland and Daly, 1996), absence of drug addiction, of alcoholism and social insecurity (crime), a low incidence of adolescent mothers and fathers. These are all positive aspects of the social dimension in the communities of the region. In other words, the rural areas of the Oaxaca Valles Centrales are socially safe.

Some negative elements that significantly inhibit sustainable development in the communities include the lack of institutional support for the countryside, like credit, insurance, technical assistance, labor training programs, maquila for cultivation tasks, appropriate equipment and investment in irrigation system infrastructure, all of which are considered key factors for the agricultural and rural development programs (Todaro, 1977). So, to turn the country into a detonator of development it is necessary to design and promote programs to provide these services in rural areas, but with no paternalistic, assistance-like or extremely entrepreneurial approach, which have proven ineffective. A combination of participatory actions by the inhabitants of rural areas could be the most advisable, channeling resources towards specific programs and selecting the municipalities having the highest priority with a more equitable use of resources.

A community sustainable rural development program implies recognizing its limitations and potential. The elements of the strategy proposed must be analyzed, modified, restructured or ratified by community inhabitants and institutional officials in the region. What matters in this process is having people take possession and implement their own program, and become actors and not observers of their own development. People must become aware of their capacity to solve their own problems and build a more promising future.

ganado mayor son las variables seleccionadas con base al *IRS* para promover el desarrollo sostenible en la región.

LITERATURA CITADA

- Adams, W. M. 2006. El futuro de la sostenibilidad: Repensando el medio ambiente y el desarrollo en el siglo veintiuno. Reporte de la reunión de pensadores. Zurich. Unión Mundial para la Naturaleza (IUCN). 17 p.
- Bennett, E. M., and Patricia Balvanera. 2007. The future of production systems in a globalized world. *Frontiers Ecol. Environ.* 5(4): 191-198.
- Brady, N. C., and R. R. Weil. 1999. *The Nature and Properties of Soils*. Twelfth Edition. Prentice Hall. New Jersey, USA. 881 p.
- Carabias L., J. 1995. El desarrollo sustentable, única opción para la conservación. In: González J., L., V. de la Cruz I., J. Aguilar, M. Virginia G., D. Delgado V., y Á. Vargas N. (eds). 2º Seminario Internacional de Agroecología y Desarrollo Sustentable. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp: 7-14.
- Casas D. E., y M. de los A. Velásquez H. 1995. Agroecología: Desarrollo sustentable y educación agricultura sustentable. In: Anaya M. G., y Felipe Díaz C. (eds). IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. PNUMA, FAO y Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. pp: 173-180
- Casas C. R., T. Martínez S., F. V. González C., E. García M., B. V. Peña O., F. J. Trujillo A., y T. Castillo P. 2001. Sustentabilidad: Avances, limitaciones y perspectivas de su evaluación. In: Sánchez P. S., M. Vázquez G., E. López A., y S. Carbajal H. (eds). Indicadores de sustentabilidad. CUCBA, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. pp: 27-51
- Casas C. R., T. Martínez S., F. V. González C., y E. García M. 2007. Limitaciones y Perspectivas del Desarrollo Rural Sustentable en México. *Textual* 40: 67-100.
- Casas C. R., F. V. González C., E. García M., T. Martínez S., y B. V. Peña O. 2008. Contribución de la dimensión ambiental al desarrollo sustentable de tres agroecosistemas campesinos en Oaxaca. *Terra Latinoamericana*. 26(3): 275-286.
- Castroviejo B., M. 2006. Estrategia de desarrollo sostenible de la Unión Europea: Una nueva esperanza. In: *Ambienta*, La revista del Ministerio del Medio Ambiente 57: 6-13.
- Goodland, R., and H. Daly. 1996. Environmental sustainability: Universal and non-negotiable. *Ecol. Appl.* 6(4): 1002-1017.
- Gutiérrez, E. 1997. El índice aproximado de Sostenibilidad: Un instrumento para la evaluación del desempeño nacional en sostenibilidad. In: Taller sobre indicadores de Desarrollo Sostenible. Centro Internacional en Política Económica para el Desarrollo Sostenible. Grupo I. San José Costa Rica. 195 p.
- IUCN/UNEP/WF (The World Conservation Union/ United Nations Environment Programme/ World Wide Fund). 1991. *Caring for the Earth. A strategy for sustainable living*. Summary. SADAG, Bellegarde, Valserine, Francia. 24 p.
- Jonson, D. E. 2000. *Métodos Estadísticos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos*. Hernán Pérez C. (traductor). International Thomson Editores. México. 566 p.
- Kates, R. W., W. C. Clark, R. Corell, J. M. Hall, C. C. Jaeger, L. Lowe, J. J. Mc Carthy, H. J. Schellnhumber, B. Bolin, N. M. Dickson, S. Faucheux, G. C. Gallopin, A. Grubler, B. Huntley, J. Jager, N. S. Jodha, R. E. Kasperson, A. Mabogunje, P. Patson, H. Mooney, B. Moore II, T. O'Riordan, and U. Svedin. 2001. Sustainability science. Policy forum: Environment and development. *Science* 292: 641-642.
- Malassis, M. 1973. *Agricultura y Proceso de Desarrollo: Ensayo de Orientación Pedagógica*. Promoción Cultural, S.A. /UNESCO. Barcelona, España. 308 p.

CONCLUSIONS

Sustainability in the Oaxaca Valles Centrales is very low, as indicated by the *IRS*. There are differences among the agroecosystems and in the contribution of dimensions to sustainability. The economic dimension contribution is limited and inhibits sustainable development in the region. The San Juan de Dios agroecosystem exhibits a relatively higher sustainability; El Trapiche a medium level; and El Cuajilote none. Based on the *IRS*, the variables selected to promote sustainable development in the region are: soil fertility, bulk density, women working and perceiving income and their empowerment in community public posts, and income from cattle sales.

—End of the English version—



- McDonald, R. I. 2008. Global urbanization: Can ecologists identify a sustainable way forward. *Frontiers Ecol. Environ.* 6(2): 99-104.
- Masera O., R., M. Astier, y S. López-Ridaura. 1999. *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales*. El Marco de Evaluación MESMIS. Ed. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiable A. C. y Mundi-Prensa México, S. A. de C.V. México. 109 p.
- Müller, S. 1996. ¿Cómo medir sustentabilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Proyecto IICA/GTZ. San José Costa Rica. 55 p.
- Palerm, A. 1998. *Antropología y Marxismo*. 2ª ed. CIESAS, México.
- Parris, T. M. 2003. Toward sustainability transition. The international consensus. *Environment* 45(1): 15-22.
- Pintér L., and H. Hansen. 2008. Compendium of sustainable development indicator initiatives: A global directory of comprehensive indicator systems. *Environ. and Health Int.* 10(1): 3-19.
- Rasmussen, P. E., K. W. T. Goulding, J. R. Brown, P. R. Grace, H. H. Janzen, and M. Körshens. 1998. Long-term agroecosystem experiment: Assessing agricultural sustainability and global change. *Science* 282: 893-896.
- SAS Institute. 1985. *User's Guide: Statistics*. Cary, N.C. 956 p.
- Spencer, D. S., and M. J. Swift. 1992. Sustainable agriculture: Definition and measurement. In: Mulongoy, K., M. Gueye, and D.S.C. Spencer (eds). *Biological Nitrogen Fixation and Sustainability of Tropical Agriculture*. IITA. A Wiley-Sayce. Ibadan, Nigeria. pp: 15-24.
- Todaro, M. 1977. *Economics for a Developing World*. Longman Group Limited London. Hong Kong. Shec Wah Tong Printing Press. 444 p
- United Kingdom. 2004. *Indicators of Sustainable Development*. <http://www.sustainable-development.gov.uk/sustainable/quality99/>
http://www.sustainable-development.gov.uk/sustainable/quality99/annex_a.pdf
Page last modified: 21 April 2004. Page published: 21 April 2004. Consulta: Noviembre 17, 2007)

Van Hauwermeiren, S. V. 1998. Manua l de Economía Ecológica.
Instituto de Ecología Política. Santiago. Chile. 265 p.

WCED. (World Commission on Environment and Development).
1987. Our Common Future. Oxford University Press. Great
Britain. 400 p.