

## EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA DE TRES LOCALIDADES CAMPESINAS EN PAHUATLÁN, PUEBLA

### Sustainability assessment of the agricultural activity of three rural districts in Pahuatlán, Puebla

\*Rosalia Castelán Vega, Víctor Tamaríz Flores, Jesús Ruiz Careaga, Gladys Linares Fleites

Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Posgrado en Ciencias Ambientales- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur 6301, Col. San Manuel, C. P. 72570, Puebla, Puebla, México, Tel: 01 222 2295500 Ext. 7353.

\*rosalia.castelan@correo.buap.mx

**Artículo recibido:** 5 de marzo de 2014, **aceptado:** 2 de junio de 2014

**RESUMEN.** A pesar del consenso mundial para lograr la sustentabilidad aún no existe un acuerdo en la forma de cuantificarla para tomar decisiones prácticas que encaucen el desarrollo sustentable. En el caso de su evaluación en agroecosistemas se requiere transformar aspectos complejos en otros más claros, que permitan detectar tendencias a nivel de sistema, denominados índices. En la presente investigación se evaluó la sustentabilidad en los agroecosistemas de tres localidades del municipio de Pahuatlán, Puebla, mediante la estimación del índice de desarrollo sustentable ( $s^3$ ). Se realizó un estudio descriptivo longitudinal de campo del año 2009 al 2012, sobre una población total conformada por 506 agroecosistemas ubicados en las localidades de San Pablito, Xilepa y Tlalacruz, pertenecientes al municipio de Pahuatlán, Puebla. De esta población total se tomó una muestra estratificada de 288 agroecosistemas y a sus productores, a quienes se les aplicó un cuestionario socioeconómico estructurado para medir las tres dimensiones del Desarrollo Sustentable (ambiental, económica y social). Los resultados obtenidos demostraron que Xilepa y Tlalacruz se encuentran en un nivel crítico de sustentabilidad al presentar valores de 0.34 y 0.40, respectivamente, y San Pablito con un nivel inestable de 0.52. La dimensión ambiental presentó la mayor limitación para la sustentabilidad de estas localidades. Estos resultados indican que es necesario diseñar y ejecutar planes y programas de desarrollo rural, que permitan promover y mejorar la sustentabilidad de estas localidades para asegurar su permanencia en el tiempo e incrementar su calidad de vida.

**Palabras clave:** Agroecosistemas, Marginación, Índice, Degradación, Sierra Norte.

**ABSTRACT.** Despite the global consensus towards sustainability, there is still no agreement on how to quantify it in order to make practical decisions that will lead to a sustainable development. In its assessment with regards to agroecosystems, it is required to make complex aspects into clearer aspects, that discern trends on a system level, known as indices. The investigation assessed the sustainability of the agroecosystems pertaining to three districts in the municipality of Pahuatlán, Puebla, through the estimation of the sustainable development index ( $s^3$ ). A descriptive longitudinal field study of the year 2009 to 2012, on a total population of 506 agroecosystems in the districts of San Pablito, Xilepa and Tlalacruz, belonging to the municipality of Pahuatlán, Puebla; of the whole, a stratified sample population of 288 agroecosystems was taken as well as their producers, to whom a socioeconomic questionnaire structured to measure the three dimensions of sustainable development (environmental, economic and social) was administered. The results showed that all the districts of Xilepa and Tlalacruz find themselves at a critical level of sustainability with values of 0.34 and 0.40, while San Pablito showed to be at an unstable level with a value of 0.52. The environmental dimension presented the largest limitation for sustainability in these districts. These results are an indication to the need to design and implement plans and programs for rural development, the likes of which promote and improve the level of sustainability in these districts, so as to assure their long-term existence and increase their quality of living.

**Key words:** Agroecosystems, Marginalization, Index, Degradation, Sierra Norte.

## INTRODUCCIÓN

En 1980 surge, con el informe Bruntland, el paradigma de Desarrollo Sustentable como un modelo de desarrollo alternativo al actual (Casas *et al.* 2001, 2008). Hoy en día existe consenso mundial por alcanzar el desarrollo sustentable, ya que permite la mejora de las condiciones de vida de los seres humanos mediante el manejo racional y respetuoso de la naturaleza (Parris 2003, Adams 2006, MacDonald 2008). La diversidad de métodos, índices y listados de indicadores para evaluar la sustentabilidad refleja la diversidad de su conceptualización (Müller 1996, Masera *et al.* 1999, Pintér y Hansen 2008), debido a problemas inherentes a la propia multidimensionalidad del concepto. Por lo tanto, requiere un abordaje holístico y sistémico (Andreoli y Tellarini 2000). Desde este punto de vista multidisciplinario, queda claro que hablar de sustentabilidad y su medición es un proceso sumamente complejo (Casas *et al.* 2001), que requiere evolucionar del marco discursivo hacia el cuantitativo y operativo, para conducir el desarrollo sustentable de manera precisa con base al conocimiento de las variables que induzcan las transformaciones socioeconómicas y ambientales requeridas (Spencer y Swift 1992, Casas *et al.* 2008, Van Hauwermeiren 1998).

El poco avance obtenido para el logro del desarrollo sustentable se debe a que no se planea ni evalúa de forma cuantitativa a nivel local, comunitario o de agroecosistemas, dado que la mayoría de las propuestas se ubican a un mayor nivel jerárquico como el nacional o internacional, o a un nivel inferior del sistema; como los cultivos (World Bank 1997, Masera *et al.* 1999, Giraldo y Valencia 2010). En este trabajo, se considera al agroecosistema como el nivel básico de planeación de la sustentabilidad, por ser un área geográfica definida, en la que se establecen relaciones socioeconómicas y ambientales que transforman a la naturaleza y al hombre mismo con fines de su permanencia. De manera que no es el hombre, el cultivo, el suelo o el agua los que son sustentables, sino todo el sistema en su conjunto (González *et al.* 2006, Ortiz y Duval 2008, Priego *et al.* 2009).

México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas, de las cuales 30 millones son tierras de cultivo (SAGARPA 2012). La agricultura en México es más que un sector productivo importante, sus múltiples funciones en el desarrollo económico, social, ambiental, cultural e histórico determinan que su incidencia sea mucho mayor de lo que las estadísticas implican. Ejemplo de esto es el municipio de Pahuatlán, Puebla; localizado en la región conocida como Sierra Norte, donde la agricultura de subsistencia históricamente ha sido la principal actividad económica; sin embargo, el relieve montañoso, las altas precipitaciones, la siembra sin períodos de descanso al suelo y la falta de medidas de conservación, han favorecido el deterioro de los agroecosistemas de la región, aunado a esto la alta marginación de la población y las diversas manifestaciones de desigualdad social y económica, se hacen evidentes ante la distribución desigual de la tierra, con notoria desventaja para los indígenas que representan el 49 % de la población total municipal (Castelán *et al.* 2011); por lo que el objetivo general de la presente investigación fue evaluar la sustentabilidad de la actividad agrícola en los agroecosistemas de tres localidades campesinas del municipio de Pahuatlán, Puebla, mediante la estimación del Índice de Desarrollo Sustentable, tomando en cuenta su multidimensionalidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Pahuatlán se localiza al noroeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 13' 12 y 20° 21' 98 de latitud norte y los meridianos 98° 04' 18 y 98° 12' 12 de longitud occidental (INEGI 2000).

La investigación realizada consideró un periodo de análisis del año 2009 al 2012, y se encuentra enmarcada como una investigación de campo de tipo descriptivo, entendida como el análisis sistemático de los problemas de los agroecosistemas, con el propósito de conocer con exactitud sus procesos sociales, costumbres y formas de manejo, para luego interpretarlos y explicar sus causas, efectos y predecir su ocurrencia (Hernández *et al.* 1998, Salkind 1999). Se realizaron tres visitas

**Tabla 1.** Porcentaje por localidad de los agroecosistemas evaluados.

**Table 1.** Distribution for of the assessed agroecosystems.

Localidad	Agroecosistemas totales	%	Agroecosistemas seleccionados	%
San Pablito	193	38.14	110	38.14
Xilepa	223	44.07	127	44.07
Tlalacruz	90	17.79	51	17.19
Total	506	100	288	100

**Tabla 2.** Indicadores de Desarrollo Sustentable por dimensión.

**Table 2.** Indicators of Sustainable Development by dimension.

Dimensión	Componente	Indicador
Social	Educación y marginación	Tasa de analfabetismo (%)
		Tasa de permanencia de productores (%)
		Morbilidad (número de enfermedades)
		Índice de pobreza (%)
Económica	Productivo y económico	Ingreso per cápita (\$ US)/mes
		Tasa de desempleo (%)
		Índice de utilización de la tierra (%)
		Disponibilidad de créditos (%)
Abiental	Agroproductivo	Agrodiversidad (número de plantas)
		Tasa de utilización de plaguicidas (%)
		Tasa de utilización de fertilizantes (%)
		Conservación del suelo (%)

de reconocimiento a las localidades evaluadas, con el objetivo de establecer el número total de agroecosistemas, encontrando un total de 506, de este universo se seleccionó una muestra de 288 agroecosistemas, lo que representa 56.92 %, utilizando el programa MINITAB 13 con  $\alpha$  0.01 y un error máximo aceptable de 0.05. La muestra se seleccionó a través de un muestreo estratificado, donde se mantuvo la misma proporción de agroecosistemas que en la población total (Tabla 1). De las localidades seleccionadas, San Pablito está conformada por 110 agroecosistemas, cuyos productores se dedican principalmente a la siembra de maíz y frijol en parcelas de hasta cinco hectáreas en promedio; en cuanto a Xilepa (127 agroecosistemas) y Tlalacruz (51 agroecosistemas), ambas comunidades están constituidas por pequeños productores, quienes cultivan frutales, café, maíz y frijol; la superficie promedio de los sistemas agrícolas de ambas localidades es menor a cinco hectáreas. La recopilación de la información sobre las formas de uso y manejo de los agroecosistemas, así como del as-

pecto socioeconómico de la población, se realizó mediante la aplicación estructurada de una entrevista y un cuestionario socio-técnico-económico, ambos instrumentos fueron validados mediante la opinión de tres expertos nacionales y uno internacional en las áreas de estadística, sistemas de producción y desarrollo rural, emitieron sus opiniones y sugerencias al respecto, mismas que se tomaron en consideración para la aplicación de las versiones finales. La información recopilada se vació en una matriz para su posterior análisis estadístico de tipo descriptivo (Hernández *et al.* 1998, Salkind 1999). Conceptualmente en la investigación se consideró el Desarrollo Sustentable como el estado de manejo y uso de los recursos de un espacio territorial en el cual se satisfacen las necesidades de la generación presente, sin poner en peligro los recursos disponibles para las generaciones futuras (CMMAND 1987). Mientras que desde el punto de vista operacional, se definió como una expresión matemática dimensional (Sepúlveda *et al.* 1998), conformada por la suma ponderada de índices de sustentabilidad económica,

social y ambiental, de los agroecosistemas de cada una de las localidades evaluadas, explicadas a través de los indicadores mostrados en la Tabla 2. La Dimensión Social expresa las relaciones sociales y económicas que se establecen en cada una de las localidades estudiadas, donde el hombre actúa sobre su medio circundante para transformarlo bien de manera positiva como negativa. En esta dimensión se consideraron los siguientes indicadores: Tasa de analfabetismo: porcentaje de la población mayor de 15 años, que no sabe leer y escribir; Tasa de permanencia de los productores: porcentaje de productores que viven permanentemente en sus agroecosistemas; Morbilidad: número de enfermedades que mayormente se presentan en el transcurso de un año; Índice de Pobreza: porcentaje de hogares de los agroecosistemas que se encuentran en situación de pobreza, es decir, hogares cuyos ingresos mensuales son menores que el costo de una canasta básica (\$ U.S.44, INPC 2010). La Dimensión Económica representa la capacidad productiva y potencial económico de las localidades objeto de estudio. En esta dimensión se tomaron en consideración los siguientes indicadores: Ingreso per cápita: cantidad mensual promedio de dinero en dólares, que obtienen los dueños de los agroecosistemas, producto de la actividad agrícola y otras actividades; Tasa de desempleo: porcentaje de la población económicamente activa (15 a 65 años), que se encuentra desocupada; Índice de utilización de la tierra (IUT): relación de la superficie del agroecosistema entre la superficie total de cada localidad; Disponibilidad de créditos: proporción de productores que poseen créditos oficiales para desarrollar sus agroecosistemas, del total de productores de cada localidad. La Dimensión Ambiental considera la biodiversidad y, en especial, los recursos como el suelo, el agua y la cobertura vegetal, que son los factores que en un plazo menor determinan la capacidad productiva de determinadas especies. De ésta se midieron los siguientes indicadores: Agrobiodiversidad: número de especies vegetales explotadas con finalidad económica que representan el 50 % de la superficie del agroecosistema; Tasa de utilización de plaguicidas: porcentaje de productores que utilizan plaguicidas en sus agroecosistemas; Tasa de

utilización de fertilizantes: porcentaje de productores que utilizan fertilizantes químicos en sus agroecosistemas; Conservación de suelo: Se refiere al porcentaje de productores que aplican medidas de conservación del suelo en los agroecosistemas.

En la Tabla 3, se muestra el tipo de relación (positiva/negativa) de los indicadores evaluados con respecto a la sustentabilidad. El índice de desarrollo sustentable ( $s^3$ ) se estimó utilizando la metodología de Sepúlveda *et al.* (1998), que plantean la adaptación a una escala de medición común de los indicadores propuestos, utilizando la función de relativización planteada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) para calcular el Índice de Desarrollo Humano (IDH). Para el caso en que los indicadores presentan una relación positiva, se adoptó la siguiente fórmula:

$$f(x) = \frac{x-m}{M-m}$$

y para el caso en que los indicadores muestran una relación negativa la siguiente:

$$f(x) = \frac{x-M}{m-M}$$

Dónde:  $x$  = es el valor correspondiente del indicador en cada dimensión evaluada del 2009 al 2012;  $m$  = es el valor mínimo del indicador y  $M$  = es el valor máximo del indicado, ambas durante el periodo de tiempo evaluado. Mediante la utilización de estas fórmulas se obtuvieron índices para cada indicador, que denotan el estado actual del sistema, el cual fluctúa entre 0 y 1, donde 1 representa la mejor situación (Óptimo/Sustentable) y 0 la peor (Colapso/No Sustentable), estos valores que se obtienen pueden ser comparados entre sí (Figura 1). Para estimar el nivel de desarrollo sostenible se utilizó un biograma, el cual es una gráfica multi-dimensional de representación cuyo significado se basa en el concepto de imagen del estado de un sistema; y el índice  $s^3$  (forma numérica), los cuales permiten representar el grado de desempeño del sistema utilizando para ello los indicadores de la dimensión social, económica y ambiental.

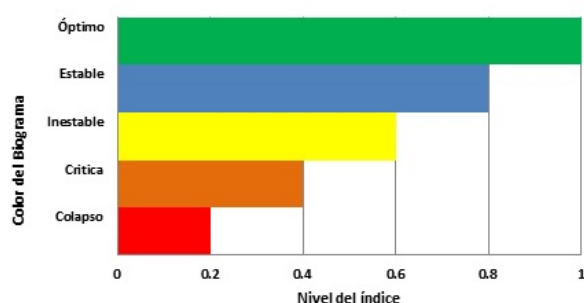


Figura 1. Calificación y estado del sistema.

Figure 1. Current state and qualification of the system.

Tabla 3. Relación de los indicadores con el Desarrollo Sustentable.

Table 3. Relation of the indicators with Sustainable Development.

Indicador	Tipo de relación
Tasa de analfabetismo (%)	-
Tasa de permanencia de campesinos (%)	+
Morbilidad	-
Índice de pobreza (%)	-
Ingreso per cápita (\$ US)	+
Tasa de desempleo (%)	-
Índice de utilización de la tierra (%)	+
Disponibilidad de créditos (%)	+
Agrobiodiversidad	+
Tasa de utilización de plaguicidas (%)	-
Tasa de utilización de fertilizantes (%)	-
Conservación del suelo	+

## RESULTADOS

Como resultado de las visitas realizadas a los agroecosistemas de las localidades evaluadas, así como de las entrevistas aplicadas, se realizó la siguiente caracterización general de los agroecosistemas (Figura 2): Los agroecosistemas cuentan con más de dos años de establecidos, se emplea la mano de obra familiar como principal fuerza de trabajo, la cual no recibe salario; se siembra monocultivo de maíz y, en pequeñas superficies, se asocia con frijol, se utiliza tracción animal y fertilizantes químicos. La producción agrícola depende de la temporada de lluvia y se desarrolla en laderas con 4 a

30 % de inclinación sin medidas de conservación de suelo, el 75 % de los agroecosistemas presenta erosión en diversos grados, lo que ocasiona pérdida de productividad, azolvamiento y contaminación de ríos. Las parcelas miden de media a una hectárea (minifundio) (90 %), en pocos casos alcanza cinco hectáreas (10 %), con un rendimiento promedio anual menor a una tonelada por hectárea. El objetivo de la producción es el autoconsumo familiar, en caso de existir algún excedente se comercializa en el mercado municipal de Pahuatlán. En las tres localidades el tipo de tenencia de tierra es pequeña propiedad (80 %) y renta (20 %), situación que limita su desarrollo económico y social, dado que la producción en superficies pequeñas no resulta rentable, debido a que los costos de producción son altos (\$ 2 500.00 ha<sup>-1</sup>) y el rendimiento obtenido es bajo (800 kg/ha); de igual forma los pequeños productores y arrendatarios difícilmente son sujetos de crédito por las instituciones financieras, toda vez que no generan ingresos suficientes para pagar los intereses o, en su caso, no cuentan con propiedades para garantizar el pago del préstamo. Por otro lado, con la situación de minifundio de la región, los productores no pueden generar utilidades para ser invertidas en la tecnificación de sus agroecosistemas, creando un círculo vicioso de bajos ingresos, autoconsumo y baja inversión, lo que a su vez mantiene en el tiempo la condición de marginación y atraso en las que encuentran los campesinos de Pahuatlán. Se observan pequeños establos ubicados al lado de la casa de los campesinos, a fin de aprovechar paredes y de facilitar la participación de los miembros de la familia en las diferentes tareas. El tamaño del hato va de 10 a 15 borregas y de 1 a 3 vacas; así mismo, es común encontrar equinos utilizados como animales de trabajo (actividades agrícolas, acarreo de rastrojo, etc.), además de cerdos y aves de corral (pollos, gallinas, patos y guajolotes) como reservas alimenticias. Es común la existencia de ingresos provenientes de trabajos no agropecuarios (choferes, trabajadoras domésticas, albañiles, remesas, etc.) realizados por miembros de la familia que trabajan fuera del agroecosistema, los cuales representan hasta el 56 % de su ingreso total mensual. Es habitual el uso de leña como principal

combustible doméstico. A continuación se presentan los principales resultados de las evaluaciones de las dimensiones social, ambiental y económica:

### **Dimensión Social**

En la Tabla 4, se presentan los resultados de los indicadores de la dimensión social considerados en las entrevistas realizadas a los productores de los agroecosistemas evaluados, pudiéndose observar que el promedio de analfabetismo en la población mayor de 15 años, de las tres localidades es del 33.5 %, este valor supera significativamente la tasa estatal (11 %) y nacional (8 %), se encontró además que el analfabetismo es mayor en la población femenina que en la masculina (21.2 % y 12.3 %, respectivamente), a su vez este porcentaje de la población cuentan con poca especialización de mano de obra, e incluso, en algunos casos, no hablan español. El porcentaje de permanencia de la población fue de 59.8 % en San Pablito, 44.12 % en Xilepa y, en menor porcentaje en Tlalacruz (33.7 %). Las entrevistas realizadas, revelan que la pobreza y marginación de la población se expresan también en otros indicadores, como los de salud, ya que la desigualdad y exclusión social en este ámbito, han llevado al aumento y reiteración de enfermedades, y muerte entre la población de los agroecosistemas, de tal manera que son tres las principales enfermedades que se presentan en San Pablito y Xilepa, las cuales se corresponden con el número promedio anual a nivel nacional; y en Tlalacruz, se presentan cuatro. En promedio 89 % de los hogares de los agroecosistemas de las tres localidades, presentan ingresos mensuales menores al costo de la canasta básica, el cuál fue de \$ U.S. 44 por persona/mes en el 2010. Este nivel de pobreza es superior a los niveles reportados para el país (18.2 %) y en el estado de Puebla (26.7 %).

### **Dimensión Económica**

En la Tabla 5, se puede observar que el ingreso per cápita se ubicó en \$ U.S. 42, 38 y 35 mensuales para los habitantes de las localidades de San Pablito, Xilepa y Tlalacruz, respectivamente. Se encontró que más del 32.5 % de la población entre 15 y 65 años de edad está desocupada. El

índice de utilización de la tierra se calculó en 10.8, 15.7 y 24.6 %, para San Pablito, Xilepa y Tlalacruz, respectivamente; el porcentaje restante corresponde a tierras no dedicadas a la agricultura. En cuanto a la disponibilidad de créditos, los resultados indican que un porcentaje promedio muy bajo (4.2 %) de los productores dispone de créditos para desarrollar sus agroecosistemas.

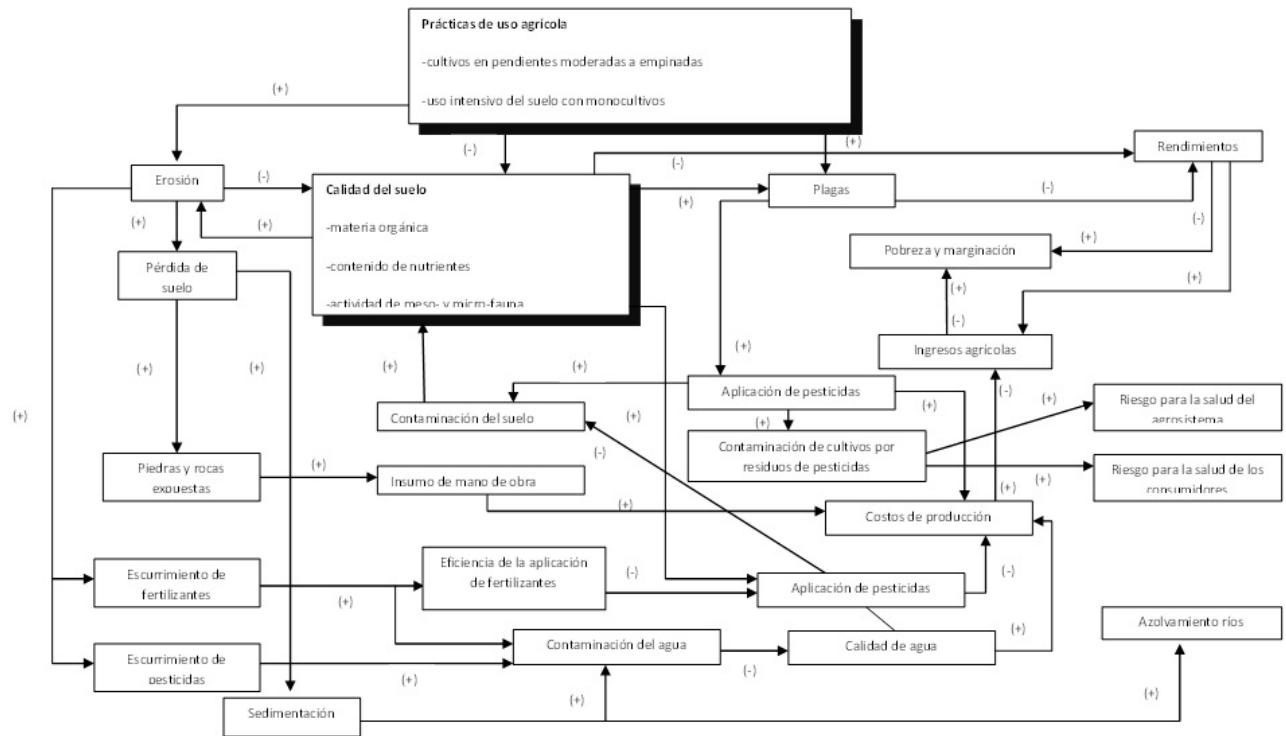
### **Dimensión Ambiental**

En cuanto a la dimensión ambiental (Tabla 6) se aprecia que al estudiar la agrobiodiversidad, es decir, el número de especies vegetales que utilizan los productores de las localidades evaluadas, son entre 3 y 9 especies las que representan 50 % de la superficie cultivada (maíz, chile, frijol, tomate, cacahuete, haba, café, alfalfa y caña). San Pablito evidenció el menor número de especies, mientras que Xilepa y Tlalacruz registraron 9. Más del 65 % de los productores utilizan agroquímicos para el control fitosanitario de sus cultivos, los productores de Xilepa y Tlalacruz los utilizan en mayor proporción. Se determinó que más del 90 % de los productores utilizan fertilizantes químicos y al evaluar el porcentaje de erosión del suelo como el indicador de conservación de este recurso se observa que 68 % de los campesinos de San Pablito no realizan prácticas de conservación, seguido de Tlalacruz (72 %) y Xilepa (74 %).

## **DISCUSIÓN**

### **Dimensión Social**

El elevado porcentaje de analfabetismo de la población se debe, entre otras causas, a la alta y persistente marginación que presenta, ya que en las entrevistas realizadas, los padres de familia manifestaron que necesitan que los hijos trabajen y ayuden al ingreso económico familiar más que estudien, así como que la mujer debe cursar sólo los tres primeros años de educación básica y, posteriormente, ayudar en el hogar, ya que al casarse pasan a formar parte de la familia del marido; ya en la edad adulta la población se enfrenta al temor y la ansiedad que caracterizan al proceso de alfabetización en los adultos (CONAPO 2000, INEGI 2010).



**Figura 2.** Caracterización del sistema tradicional de manejo de los agroecosistemas de las localidades evaluadas, elaborada a partir de las entrevistas realizadas.

**Figure 2.** Sketch of the traditional system of management of the agroecosystems in the assessed districts, developed from interviews.

**Tabla 4.** Indicadores de la dimensión social por localidad (2009-2012).

**Table 4.** Social dimension indicators for district (2009-2012).

Indicador	Localidad		
	San Pablito	Xilepa	Tlalacruz
Morbilidad (número de enfermedades)	3	3	4
	%		
Tasa de analfabetismo	20.9	42.60	36.9
Tasa de permanencia de productores	59.8	44.12	33.7
Índice de pobreza	77.9	92.80	96.4

**Tabla 5.** Indicadores de la dimensión económica por localidad (2009-2012).

**Table 5.** Economic dimension Indicators for district (2009-2012).

Indicador	Localidad		
	San Pablito	Xilepa	Tlalacruz
Ingreso per cápita (\$ US) en el año 2010	42	38	35
	%		
Tasa de desempleo	30.7	32.8	34.1
Índice de Utilización de la Tierra	10.8	15.7	24.6
Disponibilidad de créditos	5.3	4.8	2.5

**Tabla 6.** Indicadores de la Dimensión ambiental por localidad (2009-2012).

**Table 6.** Environmental dimension Indicators for district (2009-2012).

Indicador	Localidad		
	San Pablito	Xilepa	Tlalacruz
Agrodiversidad (plantas cultivadas)	3	9	9
	%		
Tasa de utilización de plaguicidas	65.3	85.0	90.3
Tasa de utilización de fertilizantes	90.8	94.6	95.9
Conservación del suelo	68	74	72

En lo que respecta a la permanencia de los campesinos en sus agroecosistemas, la situación se considera como positiva desde el punto de vista de la sustentabilidad, ya que los productores adquieren el sentido de pertenencia a sus localidades y, en consecuencia, el interés por incrementar su desarrollo a través del manejo de sus tierras; además de incrementar el arraigo familiar del hogar en cada una de las localidades. Las condiciones insalubres en las que se observó que habita la población las expone a todo tipo de enfermedades que surgen de las carencias de alimentación, la inexistencia de drenajes y la presencia de agua estancada y contaminada, motivo por el cual las enfermedades más frecuentes (morbilidad) están representadas por gripe, diarrea y dengue, en San Pablito y Xilepa; y para el caso de Tlalacruz por gripe, diarrea, dengue y neumonía, a pesar que en las tres localidades se desarrollan periódicamente jornadas médicas de vacunación organizadas por la Secretaría de Salud, así como consultas generales a los adultos; cabe recalcar que estas enfermedades resultan reiterativas, más que por descuidos o por las condiciones del clima, son producto de un trasfondo de política excluyente en el que el país mantiene a la población rural. La pobreza extrema que caracteriza a la población evaluada es el resultado de la falta de apoyos para el desarrollo agrícola sustentable de los agroecosistemas y del desconocimiento de tecnologías que mejoren la productividad de la tierra (CONEVAL 2011), por lo que la mayoría de los productores se dedican a la agricultura de subsistencia o a la siembra de un sólo cultivo, bajo este esquema de producción los rendimientos son bajos, encontrándose entre 800 y 1,000 kg ha<sup>-1</sup> para el caso del

maíz, el cual es el principal cultivo de las localidades evaluadas, según las entrevistas realizadas, mientras que el rendimiento promedio nacional se mantuvo en 3.2 t ha<sup>-1</sup> en el 2011 (Castelán et al. 2007, Financiera Rural 2011). Consecuentemente el desarrollo rural sustentable está restringido en la zona, hecho que impide el progreso de la población, ya que éste puede servir como instrumento para aliviar la pobreza al incrementar la producción y productividad con base a los recursos disponibles. Esta situación pone en peligro la sustentabilidad social no sólo a nivel municipal sino regional, ya que la migración de productores hacia las ciudades para emplearse en actividades mejor remuneradas va en aumento (15 %). Al relacionar matemáticamente los indicadores de esta dimensión, se encontró que el índice de sustentabilidad social es de 0.48 (Figura 3), lo que representa una situación del sistema inestable pero mejorable de las comunidades (Sepúlveda et al. 1998). Esto a su vez sugiere que es necesario intervenir a través de la aplicación de programas de desarrollo social orientados hacia el mejoramiento de las condiciones de vida de la población que habita en esta región, puesto que sus respectivos índices de sustentabilidad social son similares. De lo contrario, es evidente pensar que su permanencia en el tiempo está seriamente comprometida, por la consecuente emigración de sus habitantes y venta de sus parcelas para lograr mejores condiciones de vida. Al comparar las tres localidades, se observó que San Pablito presenta la mayor sustentabilidad social (0.59), seguida de Xilepa (0.48) y Tlalacruz (0.38).



### Dimensión Económica

Al comparar el ingreso mensual de los pobladores de las localidades evaluadas con el costo promedio de la canasta básica (\$ U.S.44 por persona  $\text{mes}^{-1}$ ) (INPC 2010), se encontró que la población percibe en su mayoría una cantidad inferior a esta, restringiendo el acceso de estos productos a su dieta diaria, además de no poder cubrir sus necesidades primarias no sólo de alimentación, sino también de salud, educación y vivienda, afectando la sustentabilidad económica de toda la región, y generando un círculo vicioso de miseria, del cual resulta muy difícil poder salir, además de poner en peligro la permanencia de la población, ya que las sociedades deben generar un flujo óptimo de ingresos para asegurar su sustentabilidad económica (Reed 1996).

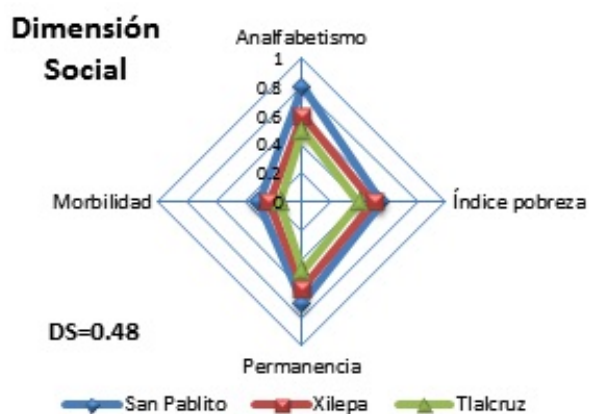


Figura 3. Índice de Sustentabilidad Social de las tres localidades evaluadas.

Figure 3. Social Sustainability index for the three assessed districts. Falta.

Contradictoriamente al potencial del sector agrícola, el desempleo es la constante en la región, hecho que favorece el incremento de indicadores como la pobreza y marginación, ya que la población no posee fuentes de ingreso estables que le permitan satisfacer sus necesidades básicas, a esto se suma el hecho de que el ingreso per cápita es muy bajo, y por lo tanto, los campesinos no cuentan con el suficiente ingreso para realizar un uso y manejo óptimos y sustentables de sus unidades de trabajo,

motivo que ha llevado a que las zonas agrícolas se encuentren subutilizadas, por lo que se necesitan llevar a cabo programas de apoyo al desarrollo rural sustentable, que tomen en cuenta los recursos disponibles y el impacto ecológico que ocasionaría el incrementar la superficie sembrada. Desde el punto de vista de la sustentabilidad económica, estos índices bajos de utilización de la tierra representan una situación que favorece directamente la migración, ya que al no producir lo suficiente, los ingresos obtenidos son menores, y por consiguiente, se hace necesaria la búsqueda de otras fuentes de ingresos más competitivas. La falta de acceso a créditos por parte de los campesinos se suma a todos los limitantes identificados para el desarrollo económico de la zona de estudio (González et al. 2006). Al relacionar los indicadores de esta dimensión se obtuvo un índice de sustentabilidad de 0.35 (Figura 4), lo que representa un estado del sistema crítico (Sepúlveda et al. 1998). El valor más bajo fue para Tlalacruz (0.30), seguido de Xilepa (0.31) y San Pablito (0.44).

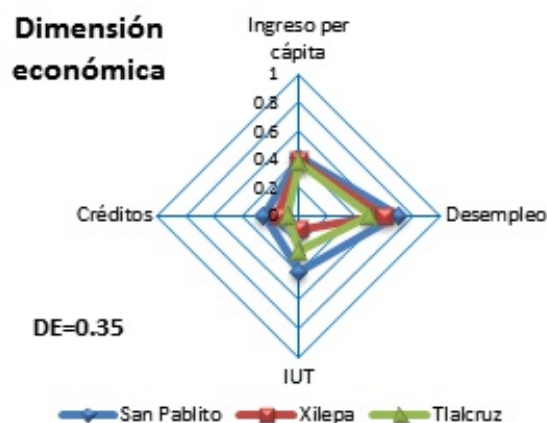


Figura 4. Índice de Sustentabilidad Económica de las tres localidades evaluadas.

Figure 4. Economic Sustainability index for the three assessed districts.

Esta pobre sustentabilidad económica sugiere la necesidad de las localidades de ser atendidas por las instituciones vinculadas al desarrollo rural de la región y, lógicamente, la población debe tomar conciencia de su propia realidad para lograr el éxito

de cualquier plan o programa que se ejecute en sus comunidades a nivel nacional, estatal, regional y municipal.

### Dimensión Ambiental

La baja agrobiodiversidad coloca en situación de riesgo a los agroecosistemas de las localidades, ya que los productores corren el riesgo de sufrir ataques de plagas y enfermedades, hecho que se ve reflejado en el elevado porcentaje de utilización de plaguicidas (más del 65 % de los productores los utilizan), que afectan negativamente al medio ambiente, ya que estos productos no son biodegradables, por lo que permanecen en el suelo y contaminan fuentes de agua, además de incidir negativamente sobre la población de algunos insectos benéficos, afectando la sustentabilidad de los ecosistemas y la salud de los campesinos, debido a que se aplican sin medidas de seguridad, aumentando la dependencia del agroecosistema del medio externo (Meneses 1995, FAO 1997). El uso de fertilizantes para compensar la pérdida de productividad de los agroecosistemas es común, los productores de Xilepa y Tlalacruz los emplean en mayor proporción que San Pablito. Sin embargo, los fertilizantes en su mayoría son lavados desde la superficie hasta estratos más profundos, por lo que pueden llegar a contaminar fuentes subterráneas y superficiales de agua (Castelán et al. 2011). Además, es necesario considerar el efecto residual que tienen en el suelo y evaluar su acción en la sustentabilidad ambiental (Casas et al. 2008, Priego et al. 2009). Los residuos originados de la actividad agrícola se conforman fundamentalmente de envases de productos químicos (48 %) y restos de cosechas (26 %), el 90 % de los productores señalaron no disponer de un sistema de recolección de desechos, por lo que son abandonados en algún lugar de las parcelas, quemados y/o enterrados; por lo que se evidencia la falta de un adecuado sistema de manejo de desechos que se atribuye a la alta dispersión de los asentamientos en las zonas agrícolas, por lo que los sistemas de recolección no llegan a las comunidades. Debido a la falta de prácticas de conservación de suelo, que se suma a las altas precipitaciones y pendientes inclinadas, se observa evidencia de erosión hídrica

en los agroecosistemas de las tres localidades. Al relacionar los indicadores de la dimensión ambiental se obtuvo un promedio del índice de sustentabilidad de 0.26 (Figura 5). Este valor considerado como crítico, indica que las localidades estudiadas presentan graves problemas relacionados con el medio ambiente, principalmente para San Pablito (0.23), ya que Tlalacruz y Xilepa obtuvieron valores más elevados (0.27 y 0.30, respectivamente) (Sepúlveda et al. 1998). Este bajo índice de sustentabilidad ambiental puede deberse, en parte, a la carencia de incentivos económicos obtenidos bajo prácticas de sustentabilidad, como lo son paquetes tecnológicos para la aplicación de abonos orgánicos, entre otros (Lindemalm 1997, Giraldo y Valencia 2010).

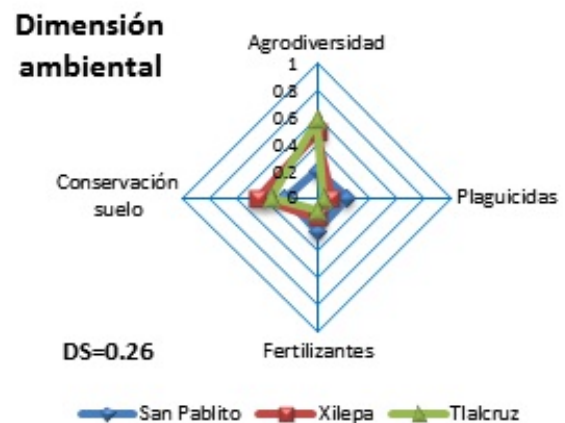
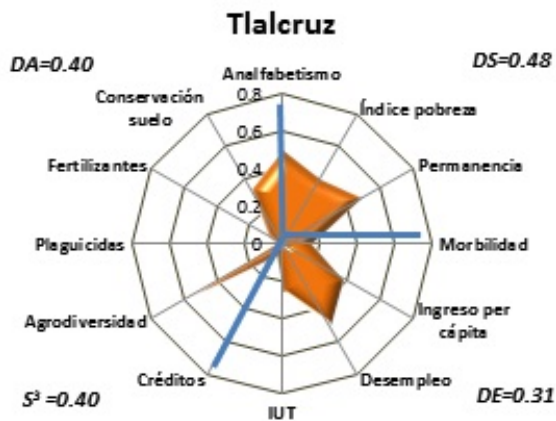


Figura 5. Índice de Sustentabilidad Ambiental de las tres localidades evaluadas.

Figure 5. Environmental Sustainability index for the three assessed districts.

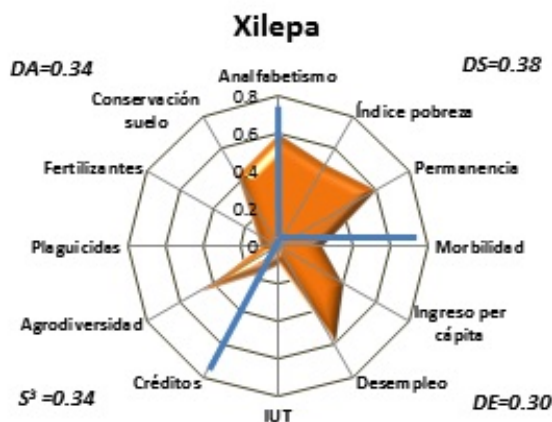
### Índice de Desarrollo Sustentable (s<sup>3</sup>)

Al determinar el Índice de Desarrollo Sustentable (s<sup>3</sup>) se evidenció que Tlalacruz (0.34) y Xilepa (0.40) se encuentran en una situación crítica, por lo que la permanencia de éstas se encuentra seriamente comprometida. San Pablito (0.52) se sitúa en mejor posición, en un estado inestable, sin embargo, de igual forma mantienen seriamente comprometida su sustentabilidad (Figuras 6, 7 y 8). Estas diferencias encontradas en el índice están influenciadas por la baja permanencia de los pro-



**Figura 6.** Índice de desarrollo sustentable por dimensión de la localidad Tlalacruz.

**Figure 6.** Sustainable Development index by dimension for the district of Tlalacruz.



**Figura 7.** Índice de desarrollo sustentable por dimensión de la localidad de Xilepa.

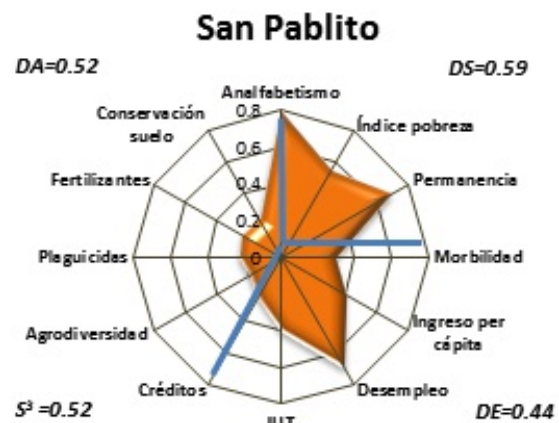
**Figure 7.** Sustainable Development index by dimension for the district of Xilepa.

ductores en las localidades de Xilepa y Tlalacruz, ya que migran a estados o municipios aledaños e incluso a otros países para conseguir un mejor ingreso, abandonando sus tierras por largos periodos; San Pablito es quien presenta la mayor permanencia, ya que una alternativa económica y tradicional con la que cuenta es la elaboración de papel amate,

además de ser la localidad que recibe mayor apoyo de créditos, hecho que se refleja al ser la localidad con mayor uso de fertilizantes químicos, además de aplicar el mayor número de medidas de conservación de suelo como algunas barreras vivas de maguey.

## CONCLUSIONES

El estudio del Desarrollo Sustentable desde el punto de vista dimensional permitió determinar que la dimensión ambiental es la más crítica en las localidades evaluadas (0.26), seguida de la económica (0.35) y la social (0.48); por otro lado el índice de desarrollo sustentable por localidad mostró que Xilepa y Tlalacruz presentaron valores de 0.34 y 0.40, respectivamente, y San Pablito 0.52. En ambos casos se evidencia el estado crítico e inestable de los agroecosistemas evaluados.



**Figura 8.** Índice de desarrollo sustentable por dimensión de la localidad San Pablito.

**Figure 8.** Sustainable Development index by dimension for the district of San Pablito.

Estos resultados son consecuencia de un problema multifactorial, en donde la situación actual de los agroecosistemas de las localidades está determinada por la falta de apoyos institucionales al campo como créditos, seguros, asistencia técnica, programas de capacitación para el trabajo en zonas de montaña, maquila para realizar labores de cultivo, equipo apropiado e inversión en infraestructura de control de erosión; estos se consideran factores clave

para los programas de desarrollo agrícola y rural. Se deben diseñar y promover programas para convertir al campo de la región en un detonador del desarrollo, pero no con esquemas paternalistas, asistenciales o en extremo empresariales que no han tenido los efectos deseados, sino con una combinación de elementos participativos entre los habitantes de esta región

como cooperativas o sociedades rurales, canalizando recursos para programas específicos, y seleccionando con esta metodología a las localidades con mayor prioridad para un uso más equitativo de los mismos, y con una visión holística de la situación actual de las dimensiones evaluadas.

## LITERATURA CITADA

- Adams WM (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.
- Andreoli M, V Tellarini (2000) Farm sustainability evaluation: methodology and practice. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 77: 43-52.
- Casas CR, T Martínez, FV González, E García, BV Peña, FJ Trujillo, T Castillo (2001) Sustentabilidad: Avances, limitaciones y perspectivas de su evaluación. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. pp: 27-5.
- Casas CR, FV González, E García, T Martínez, BV Peña (2008) Contribución de la dimensión ambiental al desarrollo sustentable de tres agroecosistemas campesinos de Oaxaca. *Terra Latinoamericana* 26(3): 275-286.
- Castelán VR, CJ Ruiz, G. Linares, R Pérez, JC Tamariz (2007) Dinámica de cambio espacio-temporal de uso del suelo de la Subcuenca del río San Marcos, Puebla, México. *Investigaciones Geográficas* 64: 75-89.
- Castelán VR, FG Linares, FJV Tamariz, CJ Ruiz (2011) Erosion and marginalization in Pahuatlán municipality, Puebla: A binomial of causality? *Investigaciones Geográficas* 76: 71-83.
- CONEVAL. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2011) Los mapas de pobreza en México. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. México. 15 p.
- CONAPO. Consejo Nacional de Población (2000) Índice de Marginación en México.
- (CMMAND) Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1987) *Nuestro Futuro Común*. Editorial Alianza. Barcelona. 120 p.
- FAO. Food and Agriculture Organization (1997) Fomento de la agricultura y el desarrollo rural sostenible. [www.fao.org/sd/SPdirect/EPre0033.htm](http://www.fao.org/sd/SPdirect/EPre0033.htm) . Fecha de consulta 4 de junio del 2011.
- Financiera Rural (2011) Monografía del Maíz Grano. Dirección general Adjunta de Planeación Estratégica y Análisis Sectorial. 10 p.
- Giraldo D y T Valencia (2010) Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento Bolo San Isidro, Palmira. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 1(2): 7-17.
- González E, H Ríos, L Brunett, S Zamorano, C Villa (2006) ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades del valle de Toluca. *Convergencia*. 13(40): 107-139.
- Hernández R, C Fernández y P Batista (1998) *Metodología de la Investigación*. 2º Ed. Editorial McGraw Hill. México. 501 p.

- INPC. Índice Nacional de Precios al Consumidor (2010) Índice Nacional de Precios al Consumidor. [www.elinpc.com.mx](http://www.elinpc.com.mx). Fecha de consulta 8 de julio del 2011.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática 2000. Síntesis Geográfica de Puebla y anexo cartográfico. Libro electrónico. México.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2010) Censo general de población y vivienda 2010. México.
- Lindemalm F (1997) Forest certification and community forestry as means of preserving biodiversity in a natural tropical production forest. Swedish University of Agricultural Sciences. 69 p.
- Masera O, RM Astier, S López-Ridaura (1999) Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales. El Marco de Evaluación MESMIS. Ed. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A. C. México. 109 p.
- MacDonald RI (2008) Global urbanization: Can ecologists identify a sustainable way forward. *Frontier Ecology Environment* 6(2): 99-104.
- Meneses O (1995) Tecnología, cultura y participación: elementos para la construcción del desarrollo sostenible. *Desarrollo Rural* 34: 25-46.
- Müller S (1996) ¿Cómo medir la sustentabilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. Serie Documentos de Discusión sobre Agricultura Sostenible y Recursos Naturales. Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 55 p.
- Ortiz E y G Duval (2008) Sistemas Complejos, Medio Ambiente y Desarrollo. UIA P/ COLPOS/ Gob. Edo. Puebla, México. 230 p.
- Parris TM (2003) Toward sustainability transition. *The International Consensus. Environment* (45): 15-22.
- Pintér L, H Hansen (2008) Compendium of sustainable development indicator initiatives: A global directory of comprehensive indicator systems. *Environment and Health Int.* 10(1): 3-19.
- Priego CG, T Galmiche, M Castelán, O Ruiz y Ortiz (2009) Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso de unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. *Universidad y Ciencia* 25(1): 39-57.
- Reed D (1996) Sustainable development. En: Reed D (ed.). *Structural adjustment, the environment and sustainable development.* Earthscan 25-45 pp.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2012) Programa Sectorial de desarrollo Agropecuario y Pesquero 2012-2017.
- Salkind N (1999) *Métodos de Investigación.* Prentice Hall. México. 400 p.
- Sepúlveda S, A Castro, P Rojas (1998) Metodología para estimar el nivel de desarrollo sustentable en espacios rurales. Cuadernos Técnicos 4. IICA. Costa Rica, 76 p.
- Spencer DS, MJ Swift (1992) Sustainable agriculture: Definition and measurement. En: Mulongoy, Gueye y Spencer (eds). *Biological Nitrogen Fixation and Sustainability of Tropical Agriculture.* A Wiley-Sayce. Ibadan, Nígeria. pp:15-24.
- Van Hauwermeiren SV (1998) *Manual de Economía Ecológica.* Instituto de Ecología Política. Santiago, Chile. 265 p.
- World Bank (1997) Are we saving enough for the future? En: *Expanding the measure of wealth. Indicators of environmentally sustainable development studies and monograph series 17.* World Bank. Washington, DC, USA. pp: 125.

