

Resiliencia y sostenibilidad de agroecosistemas tradicionales de México: Totonacapan

Axayacatl Cuevas Coeto¹
Yolanda Beatriz Vera Castillo²
Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez^{1§}

Banco Nacional de Germoplasma Vegetal-Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Carretera México- Texcoco km 38.5. Chapingo, Estado de México, México. CP. 56230. ²Universidad de Genth. Bélgica.

§Autor para correspondencia: jaxayacatl@gmail.com.

Resumen

En México, la tecnología agrícola tradicional, resultante de la acumulación milenaria de valiosas experiencias pertinentes al manejo, aprovechamiento y selección bajo domesticación de un amplio conjunto de etnorecursos, continúa expresándose en una amplia superficie. Sin embargo, debido a diversos aspectos negativos del proceso de aculturación, sus fundamentos biológicos y culturales se encuentran en grave riesgo. Considerando al agroecosistema la unidad de estudio integral conducente al entendimiento de las interrelaciones involucradas en la dinámica de sus componentes físicos, biológicos y culturales y teniendo como objetivo, contribuir al entendimiento de la dinámica ecológica y cultural evidenciada en agroecosistemas tradicionales del Totonacapan. Mediante experiencias derivadas de más de tres décadas de trabajo en la región, se describen y analizan algunos rasgos distintivos de dichos sistemas de producción agrícola, enfatizando a la milpa y al monte como espacios en los que se genera y transmite conocimientos y actitudes vinculados a la percepción, manejo, aprovechamiento y conservación de los etnorecursos inherentes a éstos. Se proporciona información cuantitativa vinculada a la dinámica de este tipo de sistemas de producción agrícola. Los métodos aplicados se fundamentaron en el marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), la evaluación del ciclo de vida (LCA), la exploración etnobotánica, así como en la observación participativa. Con base en la definición y evaluación de 15 índices pertinentes a su resiliencia, se propone un modelo de trabajo transdisciplinario conducente a la mensuración del grado de sostenibilidad evidenciado por los mismos. Los resultados indican que, mientras mayor sea el legado biocultural transmitido por sus ancestros y el apego de las familias campesinas al mismo, mayor será la resiliencia ecológica y cultural de sus agroecosistemas y consecuentemente, la sustentabilidad evidenciada por éstos.

Palabras clave: conservación, etnorecursos, producción agrícola.

Recibido: enero de 2019

Aceptado: febrero de 2019

Las estrategias que propiciaron el surgimiento, desarrollo y consolidación de las civilizaciones Mesoamericanas, están correlacionadas -entre otros aspectos- con la percepción, manejo, aprovechamiento y conservación de la naturaleza, los cuales hicieron posible el alto grado de evolución social que, hasta la actualidad, evidencia esta región, misma que es considerada importante, no sólo por su enorme biodiversidad, resultante de la heterogeneidad del medio ecológico inherente a los ecosistemas en que los *taxa* han evolucionado, sino por haber sido uno de los centros independientes en los que se originó la agricultura, evidencia de la importancia del desarrollo cultural de los pueblos originales que aún habitan esta parte del mundo.

El milenario aprovechamiento de la naturaleza por los pueblos originales, derivó en la identificación de un amplio conjunto de organismos como recursos entre éstos las plantas, algunas de las cuales fueron y continúan siendo utilizadas en su forma silvestre, otras son toleradas o fomentadas, y en algunos casos, se ha podido precisar la tecnología conducente a su cultivo e incluso a su domesticación. En este milenario proceso, además de los componentes del medio ecológico, están involucrados diversos y complejos aspectos culturales, cuya importancia se evidencia tanto en los sistemas de manejo, como en los relativos a su aprovechamiento, conservación y selección bajo domesticación.

En México, la tecnología agrícola tradicional continúa expresándose en una amplia superficie; no obstante, debido a diversos aspectos negativos del proceso de aculturación vigente, en varias comunidades rurales, sus fundamentos éticos y empíricos están en grave riesgo, razón por la cual, el registro, entendimiento y cotejo de criterios involucrados en este tipo de agricultura es urgente.

Considerando a los agroecosistemas como una de las expresiones antropogénicas más complejas, en la cual, además de las múltiples interrelaciones entre el biotopo y la biocenosis propia de los ecosistemas, la cultura inherente a los grupos humanos involucrados en su dinámica, incrementa enormemente su complejidad, los conceptos y métodos aplicados para la obtención y análisis de la información conjuntada en esta investigación, requirieron conjuntar, además de los vinculados a la experimentación agrícola, otros están fundamentados en el marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), criterios derivados de la evaluación del ciclo de vida (LCA), en los postulados establecidos por Hernández (1971) en torno a la exploración etnobotánica, así como en la llamada observación participativa.

Teniendo como objetivo general, diseñar un método conceptual y de trabajo transdisciplinario conducente a la mensuración de la sustentabilidad involucrada en agroecosistemas tradicionales de México, considerando como generadores, contenedores y conservadores de agrobiodiversidad, en el presente trabajo se generaron y aplicaron 15 índices; a través de la aplicación y evaluación se obtuvo información cuantitativa vinculada a la dinámica socioeconómica de dos familias campesinas del Totonacapan y con base en las actitudes, el conocimiento, las parcelas de cultivo y el germoplasma vegetal heredado por sus antepasados, manejan y aprovechan sus agroecosistemas de modo diferente.

Considerando la importancia que tiene el conocimiento de las variables culturales involucradas en el entendimiento de la dinámica de los agroecosistemas, en particular los tradicionales, en la presente investigación, además de definir y mensurar variables relativas a la tecnología involucrada en el cultivo y otras formas de manejo de los recursos vegetales existentes en éstos (v. gr. las aplicadas a las arvenses), se acotaron otras variables vinculadas al proceso de selección bajo domesticación, incluido las relativas al aprovechamiento de los mismos.

Siendo la familia campesina componente esencial de los agroecosistemas tradicionales de México, la consideración de los atributos de ésta resulta de gran importancia en el entendimiento de la dinámica de los sistemas de producción agrícola tradicionales que aún existen en el Totonacapan. Dentro del núcleo familiar asociado al manejo de los agroecosistemas y aprovechamiento de los productos derivados de éstos, destaca la influencia de la mujer tanto en los criterios aplicados al proceso de fitodomesticación, como en la tecnología vinculada al uso de los recursos vegetales derivados de los mismos, como una de las variables más trascendentales en la evaluación de la resiliencia cultural asociada a la sustentabilidad de los agroecosistemas tradicionales considerados.

En el presente estudio, la influencia de la mujer en la sustentabilidad asociada a los agroecosistemas estudiados, se mensuró, considerando: 1) el conocimiento relativo a los usos de las plantas existentes en sus parcelas, en sus huertos, así como en su área de acción cotidiana (La superficie normalmente involucrada en sus actividades cotidianas, incluidas las veredas por las que caminan para llegar a su parcelas o bien para trasladarse al tianguis en donde compra, vende o realiza trueque); y 2) la habilidad y experiencia evidenciada en torno a los procesos de aprovechamiento de sus recursos vegetales, entre éstos los procesos de elaboración de algunos platillos típicos, su conocimiento sobre plantas medicinales (algunas especies son consideradas prioritarias en la salud de los hijos e incluso son frecuentemente utilizadas antes, durante y después del parto), las utilizadas como leña, así como los relativos a aspectos considerados de gran importancia práctica y cultural, como son el sabor incorporado al caldo de los frijoles, así como el tiempo requerido para la cocción de sus semillas, los cuales son incorporados a la presión de selección conducente a la domesticación de sus plantas alimenticias.

Conocimiento empírico y resiliencia cultural

Los saberes tradicionales son definidos como ‘el conocimiento, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas y locales de todo el mundo que fueron concebidas a partir de la experiencia adquirida; a través, de los siglos y adaptadas a la cultura y al entorno locales’ (CBD). Lamentablemente, dichos conocimientos y prácticas no han sido protegidos con eficacia, de tal forma que, tanto los recursos genéticos como los conocimientos tradicionales, están expuestos al acceso y uso ilegal. En torno a este problema, deben distinguirse dos aspectos, el uso de un elemento tangible; por ejemplo, el material biológico o recursos genético y la apropiación de un componente intangible, el conocimiento tradicional asociado a su manejo, aprovechamiento y domesticación.

La organización mundial de la propiedad intelectual (WIPO), señala que: el componente tangible del conocimiento tradicional se refiere principalmente a los recursos genéticos, mientras que el componente intangible lo refiere básicamente al conocimiento empírico, generado, transmitido, acumulado y depurado por las comunidades campesinas tradicionales durante milenios (WIPO, 2001). Igualmente se hace una distinción entre el conocimiento tradicional y el conocimiento indígena. Este último es un subconjunto dentro de la categoría del conocimiento tradicional y es un conocimiento conservado y utilizado por las comunidades, pueblos y naciones originales (WIPO, 2001; Stoll and Von Hahn, 2004).

En acuerdo con Vera *et al.* (2013) no obstante, el consenso mundial relativo a la retribución que las comunidades indígenas involucradas en el conocimiento y manejo de recursos biológicos, deben recibir por la explotación de sus conocimientos por terceros, en torno a lo cual en la CBD se establece que ‘en la utilización de los recursos, cada parte debe respetar, preservar y mantener los

conocimientos, las innovaciones y las prácticas de las comunidades indígenas que entrañen estilos tradicionales de vida pertinentes para la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica así como promover su aplicación más amplia, con la aprobación y la participación de quienes posean esos conocimientos, innovaciones y prácticas y fomentar que los beneficios derivados de su uso se compartan equitativamente' en la práctica, no se ha provisto de los mecanismos necesarios para evitar el acceso y uso ilegal a recursos genéticos y conocimientos tradicionales y tanto las propuestas internacionales como nacionales, han sido sólo de carácter exhortativo por lo que, en la práctica, son escasos (cuando no nulos) los beneficio que han llegado a éstas.

Considerando la necesidad de retribuir de manera concreta y justa los múltiples beneficios derivados no sólo del uso del germoplasma vegetal asociado a los agroecosistemas tradicionales prevalecientes en México, el presente estudio pretende generar, aplicar y evaluar algunos indicadores conducentes a la mensuración de la sustentabilidad evidenciada en agroecosistemas tradicionales del Totonacapan, para, con base en dicha información, proponer un modelo conducente Lo anterior, considerando la urgente necesidad de proteger no sólo el germoplasma de los *taxa* vegetales involucrados en éstos, sino, además, el conocimiento milenario asociado al manejo y aprovechamiento de este tipo de agroecosistemas, ya que éstos se encuentran en riesgo de desaparecer ante la ampliación irracional de la frontera agrícola, en la que la extensión de los monocultivos ha sido el paradigma a seguir, propiciándose con ello severas transformaciones negativas tanto ecológicas como culturales.

La importancia de conservar la agrobiodiversidad generada en los agroecosistemas, radica en las siguientes razones:

- i) a diferencia de los Bancos de Germoplasma convencionales (cuartos fríos y otras de las alternativas llamadas *ex situ*), el proceso de selección bajo domesticación involucrado en los agroecosistemas tradicionales permite no sólo la conservación del germoplasma vegetal, sino su mejoramiento genético continuo.
- ii) es en los agroecosistemas tradicionales donde, mediante el ejemplo, ocurre la generación y transmisión de los conocimientos y actitudes pertinentes al manejo de los recursos vegetales existentes en éstos, propiciándose a la vez la evaluación y depuración práctica de los mismos.
- iii) por su ubicación (condiciones extremadamente limitantes: fuertes pendientes, siembra de temporal, suelos someros...), los agroecosistemas tradicionales constituyen espacios prioritarios de interés a la investigación agronómica, a diferencia de la investigación efectuada en campos experimentales, permite mensurar las múltiples interrelaciones entre la agrobiodiversidad, el medio ecológico y la cultura inherente al manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos vegetales.

Lo anterior, refiere a la importancia que de los recursos vegetales tiene para el hombre debe considerar, además de su producción y consumo, muchos otros aspectos relacionados con las propiedades genéticas que a través de su evolución, les permite desempeñar diferentes funciones al interior de los ecosistemas ubicados en el monte, así como al interior de los agroecosistemas, entre los que destaca la milpa, generando múltiples servicios indispensables en la vida de los seres humanos (regulación de la temperatura, captura de carbono, regulación del ciclo del agua, etc.), niveles que se identifican en la definición de la biodiversidad y agrobiodiversidad, señalada en la convención sobre la diversidad biológica.

Los agroecosistemas, son ecosistemas que han sido deliberadamente transformados (frecuentemente simplificados) por el hombre con fines de producción de bienes de valor para los humanos (Swift *et al.*, 2004), a partir de plantas, animales y microorganismos. En acuerdo con Cuevas (2001), la simplificación del manejo de los agroecosistemas modernos frecuentemente ha conducido a: 1) la reducción en el número y variabilidad de las especies y genotipos vegetales cultivados, restringiéndose frecuentemente a monocultivos de importancia comercial; 2) la reducción en los miembros de la familia que intervienen directamente en el proceso de producción; 3) el interés en la productividad y competitividad frecuentemente soslaya la sustentabilidad en el análisis de su eficiencia; y 4) la ampliación irracional de la frontera agrícola, aspecto que, a su vez, ha propiciado la extinción o subutilización de un amplio conjunto de *taxa* vegetales.

El entendimiento de la dinámica de los agroecosistemas involucra un complejo conjunto de variables e interacciones, entre las que destacan las relativas a la energía invertida en cada etapa de la producción de los alimentos por parte de dicho grupo humano, mismas que, lamentablemente aún son ignoradas en la educación oficial de los ingenieros agrónomos en general y en particular de los especialistas en fitotecnia. Respecto a la eficiencia energética involucrada en los agroecosistemas tradicionales Rappaport (1978), en su trabajo clásico sobre el flujo de energía en una sociedad agrícola, evidencia la racionalidad en el manejo de los recursos utilizados por el grupo Tsembaga, de Nueva Guinea, después de un meticuloso cálculo de la energía invertida en cada fase del manejo bajo roza-tumba-quema de sus agroecosistemas, encuentra que, en promedio, por cada kilocaloría invertida en sus agroecosistemas, existe una ganancia de hasta 20.1 kilocalorías, cifra difícilmente encontrada en los agroecosistemas modernos, en los que, el uso de combustibles fósiles frecuentemente registra una relación inversa.

Con relación a la reducción de la diversidad específica y genética cada vez más evidente en los agroecosistemas modernos, Pernés (1973), indica: la mejora moderna de las plantas, por medio de elaboradas técnicas genéticas, es tributaria de la diversidad génica mantenida sin cesar en el seno de las poblaciones naturales (La Recherche, 1973). Inversamente, ello demuestra cuán necesario es mantener la diversidad génica presente en estas poblaciones y que el agricultor tradicional cuida intuitivamente cuando vela por su campo y elige sus semillas. ‘Si queremos evitar catástrofes agronómicas en el futuro es preciso preservar amorosamente tanto las poblaciones de las formas silvestres como las de las variedades tradicionales’.

No obstante, la importancia de las poblaciones vegetales silvestres, muchas de las cuales, además de contener información genética para el mejoramiento de un amplio conjunto de plantas cultivadas, poseen atributos de interés antropocéntrico que evidencian su potencial para desarrollar nuevos recursos vegetales. Lamentablemente, en acuerdo con Cuevas (2013). ‘Desde su consolidación como rama de la ciencia, la investigación agronómica ha sido efectuada principalmente a nivel de especie, involucrando en muchos casos únicamente la evaluación estadística del rendimiento expresado por unas cuantas variedades o genotipos domesticados en el pasado remoto. A excepción de algunos trabajos brillantes por su esfuerzo integrador, la mayoría de los trabajos agronómicos no han tomado en consideración el complejo conjunto de interacciones que, objetivamente, evidencia la biocenosis, el biotopo y la cultura de los grupos humanos involucrados en los agroecosistemas. Acostumbrados a juzgar los beneficios derivados de las plantas casi siempre desde la perspectiva parcial de la ganancia económica, las funciones ecológicas o culturales que un gran número de recursos vegetales silvestres desempeñan, no han sido suficientemente valoradas’.

Siendo los recursos genéticos (plantas, animales y microorganismos) parte de los materiales en los que se sustenta la vida y desarrollo de la humanidad y considerando a los agroecosistemas el escenario donde se manifiesta el complejo conjunto de interacciones vinculadas a la agricultura, en esta investigación se evidencia la urgente necesidad de analizar la ruta a seguir para la protección del patrimonio biocultural involucrado en la dinámica de los agroecosistemas de México.

México es ampliamente reconocido como uno de los países con mayor diversidad biológica, ecológica y cultural del planeta en razón de las especies y ecosistemas que posee, contando aún con poblaciones silvestres de varios *taxa* de diversos organismos de interés antropocéntrico. Además, por su riqueza étnica y desarrollo cultural, nuestro país destaca como uno de los centros de origen de la agricultura. Lamentablemente, debido a la ampliación irracional de la frontera agrícola, muchos de estos recursos de utilidad actual o potencial, se encuentran en grave riesgo de extinción.

No obstante, la privilegiada situación antes referida, es poco lo que hemos hecho para contar con las políticas públicas, el marco jurídico y las estrategias científicas que permita beneficiarnos sustentablemente de tan inmensa riqueza. Se reconocen esfuerzos hechos por las instituciones nacionales, así como algunas del ámbito internacional, que en su mayoría, se han realizado de manera dispersa, con diversas motivaciones y siguiendo en muchos casos, objetivos específicos, circunscritos al ámbito institucional. Lo anterior, ha llevado irremediablemente a la duplicación de esfuerzos en todas las actividades asociadas al estudio de la biodiversidad en general y en particular de aquella involucrada en las actividades agrícolas; es decir, la agrobiodiversidad.

Evaluación de la sostenibilidad de los agroecosistemas

Diversos autores coinciden en que, la sustentabilidad involucra problemas ecológicos, sociales y económicos y al tratar de estudiar a cada uno de ellos de manera separada se resta importancia al resto. Es por ello que, como se ha mencionado, es importante estudiar y plantear modelos que permitan analizar a la sustentabilidad de un agroecosistema como un todo, con sus amplitudes y limitantes pertinentes. Por otro lado, no dejan de existir las políticas que consideran sólo uno de los aspectos, dejando de largo la importancia del medio ambiente o del desarrollo económico, o pensando que la participación social es el remedio de todos los problemas. El marco teórico que sustenta cada una de esas políticas es adecuada, para una parte de la realidad. Sin embargo, dada su parcialidad, no son suficientes. Desafortunadamente, las investigaciones científicas aún no han sido capaces de desarrollar teorías integrales que puedan reconocer las sinergias y limitaciones entre la naturaleza, las actividades económicas y la gente.

Es por lo anterior que, en el presente trabajo, así como en otros trabajos similares, se recurre al uso de los llamados indicadores, los cuales nos ayudarán a determinar cuáles son los aspectos que integran un agroecosistema y que lo hacen, en su conjunto, una imagen fiel del estado del mismo. Así pues, los indicadores tendrán que derivar en un valor numérico, una síntesis de información de carácter social, económico y ambiental. Contando con más información se busca minimizar las probabilidades de fallas de política tendientes a promover el manejo sustentable del medio.

La sustentabilidad forma parte del subconjunto derivado de la intersección de los tres componentes de estudio, la sociedad, la economía y el medio ecológico. Como se puede observar en la Figura 1, el subconjunto resultante de la intersección de la sociedad con la economía es equitativo, las intersecciones entre el medio ecológico, y de manera separada, con la economía son las viables.



Figura1. Interacciones entre el medio ecológico, la economía y la sociedad.

En el análisis de la dinámica de agroecosistemas se han utilizado distintas metodologías para evaluar la sustentabilidad, desde unas muy detalladas, sólo aplicables a condiciones experimentales, a otras muy generales, pasando desde la simple toma de datos a campo, por encuestas y entrevistas y llegando hasta la predicción mediante ecuaciones de regresión y modelos de simulación.

En este trabajo, se pretende contribuir al diseño de un modelo de evaluación de la sostenibilidad asociada a los agroecosistemas tradicionales de México que, partiendo de un marco conceptual que comprenda el ámbito de las diferentes ramas de la ciencia involucradas, permita la mensuración de la resiliencia ecológica y cultural de las que depende en gran medida el grado de sostenibilidad evidenciada por éstos.

Indicadores de la sustentabilidad

Los indicadores son variables o un conjunto de variables en un modelo simplificado del sistema en estudio. En este proceso de acotación de los indicadores se manejaron dos modelos, el inductivo y el deductivo. El primero se refiere a los pensamientos que parten de hechos particulares a afirmaciones generales, lo cual implica, por ejemplo, pasar de los resultados obtenidos en un experimento, al planteamiento de hipótesis, leyes o teorías. La deducción, por otro lado, parte de afirmaciones generales a hechos particulares, esto nos permite; por ejemplo, que a partir del uso de ciertas premisas podamos establecer conclusiones.

La resiliencia como indicador del desarrollo sustentable

Desde el punto de vista ecologista, ‘la sustentabilidad requiere de establecer relaciones dinámicas y a escalas mayores entre los sistemas económicos y ecológicos, para asegurar que la vida humana continúe en forma permanente y de acuerdo a la diversidad de culturas que existen, y por consiguiente, los efectos de las actividades humanas no rebasen límites ambientales que destruyan o minimicen la diversidad, la complejidad y las funciones propias de los ecosistemas’, Castiblanco (2002) [que son justamente las que soportan la vida de los distintos organismos]. Acotamos que este criterio de sustentabilidad debe orientar políticas, estrategias y acciones concretas conducentes hacia su finalidad mayor: el desarrollo sostenible. Al respecto, Castiblanco cita a Common y Perrings (Correa, 2003), quienes afirman ‘la sustentabilidad ecológica no es un estado que puede ser definido por simples reglas. Se puede decir, que es la resiliencia del sistema la que debe ser mantenida en el tiempo’. Es decir, en un sentido similar señalado por Leff en párrafo anterior, se refieren a la capacidad de estabilidad y de equilibrio de los ecosistemas en un horizonte de temporalidad.

‘La estabilidad se refiere a la capacidad de las poblaciones para retornar al equilibrio, después de ocurrida alguna perturbación o alteración de los ecosistemas. La resiliencia es un concepto más amplio que mide la propensión de los ecosistemas a mantener sus principales rasgos después de una alteración’ (Castiblanco, 2002).

Así pues, debemos suponer que para aplicar el criterio de sustentabilidad al desarrollo, es necesario considerar, en primer término, el grado de resiliencia y estabilidad de los agroecosistemas, para finalmente poder tener claridad que determinados modelos de desarrollo pueden ser contrarios a la posibilidad de sustentabilidad de los mismos si es que no existen criterios de racionalidad ambiental en el uso de los recursos naturales y umbrales razonables de extracción del stock natural disponible en los espacios de intervención (es decir, considerando su temporalidad y los costos de reposición si son recursos renovables o no renovables).

En este trabajo, como en algunos otros mostrados por los autores antes mencionados, ya no sólo se privilegia el crecimiento económico *per se* sino con relación a su interacción con las otras variables del medio ecológico y social.

Objetivos de los indicadores de sustentabilidad

1) medir la distancia y el sentido de la variación de un sistema ambiental entre: el estado inicial del sistema (dato de la realidad) y el estado de transición del sistema hacia un escenario sustentable de desempeño de la sociedad; y 2) proveer una base empírica y numérica para conocer los problemas, calcular el impacto de nuestras actividades en el medio ambiente y para evaluar el desempeño de las políticas públicas. Los indicadores hacen más sencilla la comunicación, al simplificar fenómenos complejos y traducirlos en términos numéricos. Las mediciones ayudan a los tomadores de decisiones y a la sociedad a definir objetivos y metas. Cuando se les observa a lo largo del tiempo, deben ser capaces de comunicar información específica sobre el progreso e indirectamente evidenciar la eficiencia de los programas y políticas diseñadas para promover la sustentabilidad.

El diseño de un buen indicador de sustentabilidad es una tarea difícil, implica el reto de combinar los aspectos sociales, económicos y ecológicos, así como el de explicar las relaciones entre estos tres factores. Un indicador integral y confiable, será de utilidad para eventualmente poder colocar la evaluación del desarrollo sustentable al mismo nivel que la evaluación del PIB. Con ello ganará y mantendrá un lugar en la agenda política y económica.

Definición de los indicadores de sustentabilidad

En acuerdo con Achkar (1999), los indicadores de la sustentabilidad son variables que representan a otra variable o a un conjunto de variables en un modelo simplificado del sistema en estudio y cuyo objetivo principal es medir la distancia y el sentido de la variación de un sistema ambiental entre: ‘el estado inicial del sistema (dato de la realidad) y el estado de transición del sistema hacia un escenario sustentable de desempeño de la sociedad’.

Para este estudio y tomando en cuenta otros modelos planteados para la medición de la sustentabilidad, hay que responder a unas preguntas: ¿Los indicadores tradicionales que se utilizan para medir el desempeño de un agroecosistema son los adecuados para monitorear distintos niveles

de sustentabilidad?, ¿Los indicadores de sustentabilidad de un agroecosistema deben estar orientados, únicamente, en el sentido económico?, ¿Es posible la construcción de indicadores que posibiliten la comparación en distintas situaciones, tales como las ecológicas y culturales?.

En este sentido, este trabajo propone la construcción de indicadores de sustentabilidad que permitan obtener un panorama sobre la situación real de un agroecosistema particular. Así pues, las tres preguntas iniciales constituyen la base de la discusión, ¿Cómo medir la distancia a que se encuentra un determinado agroecosistema, en desarrollo sustentable? Las respuestas que se puedan construir constituyen las herramientas fundamentales para instrumentar y ajustar en la marcha las políticas que deberían conducir hacia el escenario de sustentabilidad diseñado.

Localización del área de estudio

Es importante delimitar la zona de estudio, porque, en gran medida, de ello depende la mensuración del grado de sustentabilidad asociado al manejo de los agroecosistemas. Los dos agroecosistemas seleccionados para la realización del presente estudio se localizan en la comunidad de Ecatlán, ubicada a los 20° 03' 11.66'' latitud norte y 97° 33' 25.59'' longitud oeste en la Sierra Norte de Puebla, cuyo clima es A(C) (w) i g; es decir, se trata de un clima de transición, tropical pero con tendencia a ser templado, con temperatura media anual de 21.4 °C y la del mes más frío >18°, con precipitación media anual de 2 845 mm, isotermal (<5 °C), y una marcha anual de la temperatura tipo Ganges, a una elevación media de 630 msnm. Los Andosoles, son los tipos de suelo predominantes sobre los cerros que evidencian fuertes pendientes, que en ocasiones llegan a ser >30°, presentando escasos relictos de Selva Mediana Perennifolia.

El monte y sus recursos vegetales: subsistema forestal

El monte, es un término que la gente de campo utiliza para referirse a los cerros, ríos y veredas poco transitadas del que, con frecuencia también obtiene diversos satisfactores tanto vegetales (leña, materiales para construcción, alimento, medicina e incluso plantas ceremoniales) como animales (cacería continúa siendo importante en muchas comunidades). De los distintos tipos de vegetación existentes (bosques, selvas, matorrales...) en el monte, se extrae la madera que servirá para la construcción de viviendas, corrales, herramientas, utensilios de cocina, artesanías y leña, siendo esta uno de los más importantes dada su indispensable presencia en la mayoría de los hogares de familias indígenas.

Integración de indicadores

Después de la determinación y diferenciación de los criterios conducentes a la selección de los indicadores, se procedió a su análisis para la estandarización de los resultados. Para su sustentabilidad, y determinar los valores máximos y mínimos que nos permitan establecer un punto de referencia para así poder determinar el desempeño en que se encuentra cada uno de los agroecosistemas en cada indicador (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor estandarizado de los indicadores.

Indicador propuesto	Tradicional	De referencia	Valor mínimo	Valor Máximo
Participación de la familia	1	0	0	1
Relación B/C	1.5	3.1	1	4
Eficiencia energética	8.4	2.8	1	10
Erosión	1	2	0	3
Fertilidad	1.6	1.9	1	2
Diversidad vegetal	21	1	1	30
Diversidad animal	9	0	0	9
Diversidad microbiana (%)	90	10	0	100
(%) de beneficiarios de los programas de gobierno	40	86	0	100
Acceso a la innovación tecnológica	0.37	1	0	1
Dependencia de insumos (%)	6.8	84.5	0	100
(%) de agricultores en asociaciones de producción	80	20	0	100
Conocimiento inherente al medio y al uso de sus elementos	1	0.2	0	1
Pérdida de biodiversidad	1	0.2	0	1

Una vez establecidos los valores de referencia, los datos se estandarizan con la siguiente ecuación:

$$IS = \frac{V_o - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} * 100$$

Donde: IS= indicador estandarizado; V_o = valor obtenido; V_{\min} = valor mínimo; V_{\max} = valor máximo.

Conclusión

Mientras mayor sea el legado biocultural transmitido por sus ancestros y el apego de las familias campesinas al mismo, mayor será la resiliencia ecológica y cultural de sus agroecosistemas y consecuentemente, la sustentabilidad evidenciada por éstos.

Literatura citada

- Almekinders, C.; Fresco, L. and Struik, P. 1995. The need to study and manage variation in agroecosystems. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Den Haag: Royal Netherlands Society for Agricultural Ecosystems. 43(2):127-142.
- Bellon, M. R. 1996. The dynamics of crop Intraespecific diversity: A conceptual framework at the farmers' level. *Economic b Brookfield Field, H.* 2001. Exploring agrodiversity. Nova York. Columbia University Press. 21-286 p.
- Brush, S. B. 1992. Ethnoecology, biodiversity, and modernization in Andean potato agriculture. *J. Ethnobiol.* 12(2):161-85.

- Castañedas, B. 1998. Un índice de bienestar sustentable (IBS) para Chile 1965-1998. Apuntes de clase.
- Cervantes, M. 2006. El pasado prehispánico en la alimentación y el pensamiento de hoy. *Rev. Arqueología Mexicana*. 78:18-25.
- Ciampitti, A. B. 2006. Nutrición de maíz: requerimientos y absorción de nutrientes. *Requerimientos de nutrientes en maíz*, IPNI.
- Cole, H. F.; Luks, F. and Schmidt-Bleek, F. 1995. ¿Qué es 'capital natural'? Documento de Wuppertal N° 29. Chile Sustentable. Serie documentos de trabajo. Chile. Colegio de Posgraduados. ENA. Chapingo, Estado de México. 18 p.
- Colunga-García, M. P. y Zizumbo-Villarreal. D. 1993. Evolución bajo agricultura tradicional y desarrollo sustentable. *In: cultura y manejo sustentable de los Recursos Naturales*. Leff, E. y Carabias, J. (Coord.). CIIH-UNAM. Miguel Ángel Porrúa. México, DF. 123-164 pp.
- Cuevas, S. J. A. Definición aprovechamiento y conservación de recursos fitogenéticos en una comunidad indígena totonaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 178 p.
- Díaz, L. E. L. y Azurdiá, C. 2001. El papel de la mujer en la conservación de los recursos fitogenéticos del maíz. Guatemala. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). IPGRI. Roma. 56 p.
- FAO. 2008. <https://www.cbd.int/doc/meetings/cop/cop-08/official/cop-0831-es.pdf>.
- García, A. M. 2002. Somos lo que comemos. Estudios de alimentación y cultura en España. Ariel. Barcelona. 384 p.
- Guimaraes, R. 1998. Aterrizando una cometa: indicadores territoriales de Sustentabilidad. *ILPES. Santiago de Chile. Botany*. 50(56):26-39.
- Harlan, J. R. 1995. *The living fields: our agricultural heritage*. Cambridge. Cambridge University Press. 164 p.
- Hauwermeiren, Van, S. 1998. *Manual de economía ecológica*. Instituto de Economía Ecológica. Santiago de Chile. 265 p.
- Hernández, X. E. 1972. Consumo humano de maíz y el aprovechamiento de tipos con alto valor nutritivo. *In: memoria del simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo*. 149-156 pp.
- Hidalgo, D. C.; Espinosa, M. J.; Poot, M. J. E. y Cázares, C. J. G. 2003. *Cultura alimentaria tradicional de la Sierra de Tabasco*. Colección José María Pino Suárez. Estudios Regionales y de desarrollo. UJAT. Villahermosa, Tabasco. 102 p.
- Kuhnlein, H. and Receveur, O. 1996. Dietary change and traditional food systems of indigenous peoples. *Annu Rev. Nutr.* 16:417-442.
- Kuhnlein, H.; Erasmus, B. and Spigelski, D. 2009. Indigenous people's food systems. The many dimensions of culture diversity and environment for nutrition and health. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Centre for Indigenous Peoples Nutrition and Environment. Rome. 397 p.
- Martínez, A. J. 1998. *Curso de economía ecológica*. PNUMA. Serie textos básicos para la formación ambiental. Núm 1. México. 164 p.
- Martínez, A. J. Indicadores de sustentabilidad y conflictos distributivos ecológicos. *In: ecología política* núm. 10. 35- 43 pp.