



SUSTENTABILIDAD DE AGROECOSISTEMAS EN EL RÍO SANTO DOMINGO

Sustainability of Agroecosystems
in the Santo Domingo River

Ken Cañas¹, María Zambrano², Eduardo Delgado³

(1) Ingeniero Forestal, MSc. Educación Ambiental y PhD en Ambiente y Desarrollo
Profesor, UNELLEZ- VPDS. Barinas, Venezuela

(2) Ingeniera Químico, MSc. Ciencias de la Educación y PhD en Ambiente y Desarrollo
Profesora UNELLEZ- VPDS. Barinas, Venezuela

(3) Ingeniero Agrónomo, MSc. Ciencias de la Educación y PhD en Filosofía,
Profesor UNELLEZ- VPDS. Barinas, Venezuela

DATOS DEL ARTICULO

Recepción: 29-01-2021

Aprobación: 07-03-2021

Correspondencia a:

kenacadur@gmail.com

mzbioquimica@gmail.com

delgadohej@gmail.com

Palabras clave:

agroecosistema sustentable,
río Santo Domingo,
índice.

RESUMEN

Un agroecosistema sustentable es aquel capaz de permanecer en el tiempo, promoviendo el equilibrio en las dimensiones: ambiental, social y económica. La investigación consistió en evaluar comparativamente la sustentabilidad de agroecosistemas establecidos en el río Santo Domingo, municipio Bolívar, parroquias Altamira, Barinitas y Calderas del estado Barinas; mediante el uso del Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS). La metodología empleada fue el enfoque cuantitativo, apoyado en una investigación de campo, incorporando métodos y herramientas participativas, y la telemática. La evaluación se realizó en 20 unidades de producción en el período de enero-agosto 2019. El índice de Sustentabilidad del Agroecosistema (ISA), se generó a través de la integración de tres índices: desempeño agroeconómico (IAK), desempeño social (DS), y desempeño ambiental (DA). Para evaluar la sustentabilidad se originó una escala de 0 a 4, donde 0= ausencia de sustentabilidad y 4= sustentabilidad fuerte, se estableció como umbral el valor ≥ 2 para considerar un sistema sustentable en las tres dimensiones de la sustentabilidad. Todos los agroecosistemas evaluados mostraron valores de sustentabilidad con respecto al índice ISA, con una debilidad marcada en el IAK donde el 50% de los agroecosistemas no lograron superar el valor de 2.



ABSTRACT

A sustainable agroecosystem is one that can remain in time, promoting balance in the dimensions: environmental, social and economic. The research consisted of a comparative evaluation of the sustainability of agroecosystems established in the Santo Domingo river, Bolivar municipality, Altamira parishes, Barinitas and Calderas of Barinas state; using the Framework for the Evaluation of Management Systems incorporating Sustainability Indicators (MESMIS). The methodology used was the quantitative approach, supported by field research, incorporating participatory methods and tools, and telematics. The evaluation was carried out in 20 production units in the period January-August 2019. The Sustainability Index of the Agroecosystem (ISA), was generated through the integration of three indices: agroeconomic performance (IAK), social performance (DS), and environmental performance (DA). To evaluate sustainability, a scale of 0 to 4 was created, where 0= absence of sustainability and 4= strong sustainability, value 2 was established as a threshold to consider a sustainable system in the three dimensions of sustainability. All the agroecosystems evaluated showed sustainability values with respect to the ISA index, with a marked weakness in the IAK where 50% of the agroecosystems failed to exceed the value of 2.

Keywords:

sustainable agroecosystem,
Santo Domingo River,
index.



1. INTRODUCCIÓN

La creciente conciencia sobre el negativo impacto ambiental, social y cultural de ciertas prácticas de la agricultura moderna, ha llevado a plantear la necesidad de un cambio hacia un modelo agrícola más sustentable (Gliessman, 2001 y Sarandón *et al.* (2006). Sin embargo, el término sustentabilidad no se ha hecho “operativo”, debido, entre otras razones, a la dificultad de traducir los aspectos filosóficos e ideológicos de la sustentabilidad en la capacidad de tomar decisiones al respecto.

De acuerdo a Sarandón y Flores (2009), “El concepto de sustentabilidad es complejo en sí mismo porque implica cumplir, simultáneamente, con varios objetivos: productivos, ecológicos o ambientales, sociales, culturales, económicas y temporales” (p. 19). Por lo tanto, es necesario un abordaje multidisciplinario para medir un concepto interdisciplinario (Kaufmann y Cleveland, 1995), lo que se contrapone a la visión reduccionista que prevalece en muchos agrónomos y científicos. La estimación de “indicadores de sustentabilidad” es una manera de evaluar estos efectos y puede ayudar a la formulación de políticas agropecuarias que respeten el ambiente y sean socialmente aceptables (Bell y Morse, 2008; Bossel, 1999 y Stringer *et al.*; 2006 citado en Vega *et al.*, 2015).

Para fines de esta investigación se considera la definición de desarrollo sustentable establecida por FAO (2015), como la gestión y conservación de recursos naturales y una orientación del cambio tecnológico que garantice el logro de la continua satisfacción de las necesidades naturales para las actuales y futuras generaciones. Una agricultura sustentable conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales; no degrada el ambiente y es técnicamente apropiada, económicamente viable y socialmente aceptable.

La sustentabilidad incluye tres dimensiones relacionadas con el desarrollo (la económica, la social y la ambiental). La dimensión económica está asociada al crecimiento económico como condición imprescindible para el desarrollo, desde la identidad de los territorios y las potencialidades endógenas de estos. La dimensión social trata de satisfacer las necesidades de la sociedad y de su población concerniente a la alimentación, la vivienda y el trabajo. La dimensión ambiental integra a lo sostenible, el trabajo con los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre.

Uno de los mayores retos que enfrenta la discusión sobre desarrollo sustentable y especialmente la agricultura sustentable, es diseñar marcos operativos que permitan evaluar de manera tangible la sustentabilidad de diferentes proyectos, tecnologías o agroecosistemas. La evaluación de sustentabilidad es una herramienta para la planificación y el diseño de un sistema de manejo de recursos naturales, con relación a su estabilidad productiva, mejora económica,



aceptación social y cuidado del ambiente. La evaluación procura responder a preguntas fundamentales como: ¿qué se va a sostener?, ¿durante cuánto tiempo?, ¿en qué escala espacial?, ¿sustentabilidad para quién?, ¿quién la llevará a cabo?, ¿cómo? (Maserá *et al.*, 2000).

Para evaluar la sustentabilidad de los sistemas de manejo de recursos naturales es necesario, en primera instancia, definir los atributos generales de los sistemas de manejo sustentables. Esto permitirá, por un lado, hacer operativo el concepto y, por otro, desarrollar un marco de referencia para derivar indicadores. Levins y Vandermeer (1990), mencionan que la producción en agroecosistemas sustentables está orientada a entender al sistema como un todo, con énfasis en las metas múltiples de producción, ganancia, reducción de la incertidumbre y de la vulnerabilidad, equidad, protección de la salud de los trabajadores agrícolas y de los consumidores, protección del ambiente y sustentabilidad y flexibilidad de los sistemas en el largo plazo.

El Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), desarrollado por Maserá, *et al.*, (2000), surge a partir de estas inquietudes generales y se dirige a proyectos agrícolas, forestales y pecuarios llevados a cabo colectiva o individualmente y que se orientan al desarrollo o a la investigación. Se pretende que el marco de evaluación no sea un instrumento meramente calificador de opciones, sino que sirva como punto de apoyo para hacer operativo el concepto de sustentabilidad en la búsqueda de un desarrollo social más equitativo y ambientalmente sano de las comunidades rurales.

En la cuenca del río Santo Domingo en Barinas, existen sistemas de producción, de pequeñas dimensiones, donde agricultores de escasos recursos realizan una producción diversificada, generalmente destinada al autoconsumo. Sin embargo, es necesario analizar si realmente estos sistemas son sustentables y lo más importante, cuáles son las razones de esta sustentabilidad, de manera de poder predecir problemas futuros y brindar recomendaciones tendientes a su solución.

Lo planteado en el párrafo anterior le asigna importancia y actualidad a la realización de esta investigación sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de la cuenca media del río Santo Domingo, generando una necesidad de estudio sobre el tema debido a lo elemental de este y las pocas experiencias documentadas existentes.

Basado en lo anterior esta investigación de tipo cuantitativa y de carácter descriptivo se formula y pretende responder al problema de medir si los agroecosistemas existentes en la cuenca media del río Santo Domingo, en las parroquias Altamira, Barinitas y Calderas, municipio Bolívar del estado Barinas son sustentables.



2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Antecedentes de la Investigación

Para realizar una investigación se requiere de estudios anteriores con el fin de tener un marco referencial en cuanto a lo que se debe hacer y cómo hacerlo. En ese sentido, se tomaron en cuenta trabajos de grados, investigaciones y artículos científicos que se relacionan con la temática planteada. Por consiguiente, se mencionan algunos estudios realizados en los últimos años que guardan relación con la temática.

Barrezueta-Unda *et. al.* (2017), en su trabajo publicado en la Revista Universidad y Sociedad de Cuba titulado "Revisión de criterios para medir la sostenibilidad agraria: Adaptación de marcos de trabajo y propuesta de indicadores" con el objetivo de actualizar los criterios sobre la sostenibilidad agraria se propone la adaptación un método a partir de tres marcos de trabajo para la medición de la sostenibilidad de sistemas agrarios. Se estableció una revisión sistemática de la información científica, con el instrumento de evaluación (encuestas), o tipo de muestra (suelo, agua o biomasa), a tomar de los sistemas agrarios. Los criterios se estructuran a nivel de finca, donde el recurso suelo, manejo del agua, diversidad de la producción, educación y capacitación se consideran de mayor incidencia en la sostenibilidad, se generan indicadores aprobados por un panel de expertos cuyo aporte es validado con el coeficiente de Alpha de Cronbach. Se aporta la asignación de pesos a los indicadores en función de la literatura científica, prosigue con la normalización lineal de 0 a 1; además, se propone un análisis de componentes principales para reducir indicadores y realizar gráficos radiales para su examen por dominios y criterios con la finalidad de mejorar su calificación en el futuro.

Braco-Medina *et. al.* (2017), en su trabajo de investigación publicado en la Revista Bioagro de Venezuela titulado "Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo Amazonia Ecuatoriana" En este trabajo se evaluó la sustentabilidad en diferentes unidades de producción en Arosemena Tola, provincia de Napo, Ecuador mediante indicadores. El potencial de sustentabilidad fue evaluado a escala de finca en 10 unidades de producción aplicando una metodología basada en un sistema de puntuación que contempló indicadores ambientales, socio-culturales, económicos y políticos. Los resultados sugieren que la sustentabilidad a nivel de unidad de producción presenta niveles críticos en cada dimensión, siendo la económica y política las de mayores limitaciones. Los indicadores a ser mejorados son: número de prácticas agroecológicas, diversificación de cultivos, actividades productivas, niveles de erosión, mano de obra familiar, la capacidad de gestión, nivel de producción, ingresos netos, costos de insumos, costo de mano de obra, estrategias de



comercialización, estrategias de ahorro, financiamiento de la producción, acompañamiento institucional y programas relacionados con la unidad de producción.

Silva-Santamaría y Ramírez-Hernández (2017), en su trabajo publicado en la Revista Luna Azul de Cuba “Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba ”propusieron la elaboración de un set de indicadores de sostenibilidad para tres (3), agroecosistemas localizados en el municipio de San José de Las Lajas (Cuba). Estos agroecosistemas fueron seleccionados por sus altos niveles de biodiversidad, por implementar técnicas agroecológicas, y por su fácil acceso y abierta disposición para participar en este proyecto. Metodológicamente se utilizaron principios de investigación acción participativa (IAP), y se analizaron muestras de agua y suelo en laboratorio. La construcción de los indicadores se hizo a partir de la metodología Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), y en total se obtuvieron 34 indicadores para estimar la sostenibilidad de los agroecosistemas.

De los resultados obtenidos se resalta que los tres agroecosistemas ostentan niveles de sostenibilidad relativamente altos ($>0,7$), donde la finca La Joya es la que presenta el mayor índice (0,86), como resultado de las prácticas agroecológicas implementadas. Este trabajo muestra la aplicación del método MESMIS, el cual se usó en esta investigación y sirve de marco de referencia y para realizar comparaciones. Joa *et. al.* (2016), en su trabajo publicado en la Revista Granma Ciencia de Cuba titulado “Evaluación de la sostenibilidad del sistema productivo agrícola de la Cooperativa de Crédito y Servicio (CCSF), U.G. Valera del municipio Bayamo”

Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de realizar una evaluación de la sostenibilidad del agroecosistema CCSF “Ulises Góngora Valera” aplicando la metodología MEMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de recursos naturales mediante Indicadores de Sostenibilidad). El empleo de la metodología propició el reconocimiento de los puntos críticos del sistema productivo en evaluación, permitiendo el diseño de recomendaciones que posibiliten llegar a la sustentabilidad del sistema partiendo de la interacción de los procesos ambientales, sociales y económicos.

3. TEORÍA, MÉTODOS Y RESULTADOS

Desarrollo Sustentable El concepto de desarrollo sustentable, tal como se difunde actualmente, puede ubicarse en 1983, cuando la Organización de las Naciones Unidas (ONU), creó la Comisión Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, presidida por Gro Harlem Brundtland, quien fuera primer ministro de Noruega. En el Informe Brundtland se define el concepto de Desarrollo Sustentable, como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación

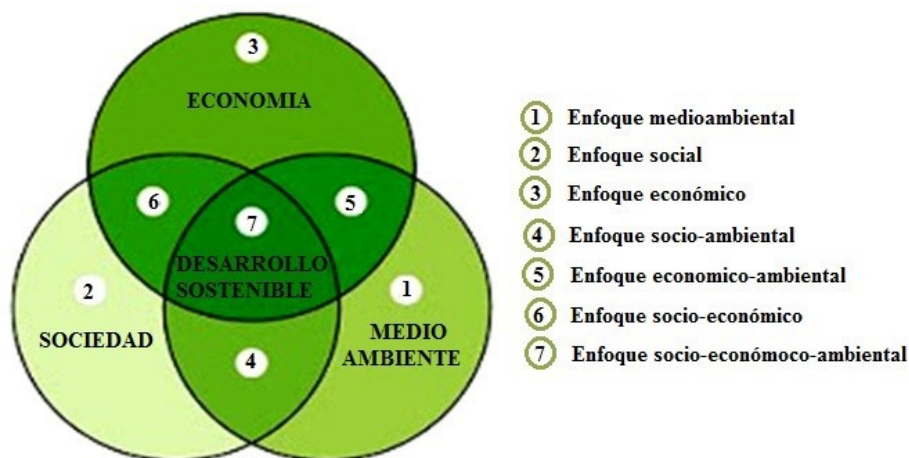


presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para satisfacer sus propias necesidades. Esta definición es la más conocida y, de hecho, es la raíz de la cual se desprenden otras conceptualizaciones respecto de la sustentabilidad. La intención básica del desarrollo sustentable es crear un proceso que permita el desarrollo social, pero de una manera en la que, para las generaciones venideras, deben seguir permaneciendo los recursos naturales y los ecosistemas que garanticen un bienestar y una calidad de vida adecuados.

Desde la publicación del informe Brundtland en 1982, el concepto de desarrollo sustentable ha cobrado mucha importancia, actualmente se ha convertido en uno de los elementos claves para el manejo de los recursos naturales para instituciones gubernamentales, de investigación, no gubernamentales y otros grupos relacionados con el manejo de los recursos naturales.

El desarrollo agrícola involucra la administración de varios recursos adicionales al cultivo y afecta aspectos de la vida social humana que van mucho más allá del mero aumento de la producción (Gliessman, 2001; Toledo, 2007). Es por esta razón que la generación de propuestas de desarrollo agrícola sustentable no debe omitir la interrelación que existe en las tres áreas fundamentales que afectan tal desarrollo (Figura 1).

De acuerdo a lo anterior, el manejo de un agroecosistema aspira, entre otros, lograr la diversificación espacial y temporal del cultivo, la integración entre la producción animal y vegetal, y el mantenimiento de los recursos naturales optimizando el uso agrícola de los mismos (Altieri, 1997). Para fines de esta investigación se asume como definición de desarrollo sustentable el de FAO (2015), el cual establece el desarrollo agrícola sostenible como la gestión y conservación de recursos naturales y una orientación del cambio tecnológico que garantice el logro de la continua satisfacción de las necesidades naturales para las actuales y futuras generaciones. Una agricultura sostenible conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales; no degrada el ambiente y es técnicamente apropiada, económicamente viable y socialmente aceptable.



Fuente: Toledo (2007).

Figura 1. Dimensiones fundamentales del desarrollo sustentable.

Evaluación de la sustentabilidad agrícola

Los proyectos de desarrollo que proponen nuevos sistemas de manejo agrícola, ganadero y forestal, entre otros, demandan nuevos esquemas de evaluación que puedan ayudar a estimar y por lo tanto a reconocer los esfuerzos por avanzar hacia una mayor sustentabilidad ecológica, social y económica. La evaluación de sustentabilidad es una herramienta para la planificación y el diseño de un sistema de manejo de recursos naturales con relación a su estabilidad productiva, mejora económica, aceptación social y cuidado del medio ambiente. La evaluación procura responder a preguntas fundamentales como: ¿qué se va a sostener?, ¿durante cuánto tiempo?, ¿en qué escala espacial?, ¿sustentabilidad para quién?, ¿quién la llevará a cabo?, ¿cómo? (Masera *et al.*, 2000).

La mayoría de los esfuerzos para evaluar la sustentabilidad se han concentrado en tres tipos de enfoques: (a) aquéllos que se limitan a elaborar listas de indicadores de carácter ambiental, social o económico, sin un marco claro que permita integrar los resultados del análisis (Bakkes *et al.*, 1994; Sayers *et al.*, 1994; Hammond *et al.*, 1995; Winograd, 1995; Azar *et al.*, 1996; Shaw, 1996, citados en Masera *et al.*, 2000); (b) los que proponen índices para calificar de manera unívoca la sustentabilidad de un sistema dado, a costa generalmente de la capacidad de entender el detalle de la complejidad de los sistemas y de identificar los aspectos de mayor importancia (Taylor *et al.*, 1993; Harrington, 1992; Harrington *et al.*, 1994, citados en Masera *et al.*, 2000), y (c) aquéllos que proponen marcos metodológicos para definir los criterios o indicadores que serán



utilizados en la evaluación (IUCN e IDRC, 1995; UICN, 1997; de Camino y Muller, 1993; Muller, 1995; FAO, 1994; Mitchell 1995, citados en Masera *et al.*, 2000).

La sustentabilidad requiere ser valorada con el propósito de implementar técnicas o tecnologías que mejoren o mitiguen el impacto ambiental. En la actualidad se hace necesario desarrollar métodos para evaluar el desempeño de los sistemas socio-ambientales y guiar las acciones y políticas para el manejo sustentable de los recursos naturales. Sin embargo, la perspectiva plural del concepto de sustentabilidad dificulta llegar a acuerdos sobre los métodos y forma de evaluación.

Los indicadores para evaluar sustentabilidad

Una manera de diagnosticar el estado del sistema agrícola es la construcción de indicadores de sustentabilidad. Estos indicadores permiten conocer de manera particularizada, las necesidades de manejo de cada sistema, con miras a mantener o mejorar la productividad, reducir riesgos e incertidumbre, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos, proteger la base de recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y biodiversidad, sin disminuir la viabilidad económica del sistema (Altieri, 1997).

Los indicadores de sustentabilidad se construyen a través de la evaluación de agroecosistemas reales, tomando como marco de referencia características fundamentales de agroecosistemas sustentables (Astier, 2008). Estas evaluaciones se realizan a través de criterios diagnósticos que permiten construir indicadores del estado del sistema (Masera *et al.*, 2000). En este sentido Gravina *et. al.*, (2012), indicaron que los marcos de evaluación constituyen un avance importante en los esfuerzos para operativizar el concepto de sustentabilidad, por su vinculación entre el desarrollo teórico del concepto y su aplicación.

Proceso Metodológico

El marco metodológico está constituido por la naturaleza, tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recolección de los datos, validez y confiabilidad del instrumento, y el procedimiento y análisis de los datos. El estudio se enmarcó dentro de la investigación cuantitativa. Se selecciona el paradigma cuantitativo ya que es una postura objetiva, estudia conductas y otros fenómenos observables, genera datos numéricos para representar el ambiente social, emplea conceptos preconcebidos y teorías para determinar qué datos van a ser recolectados; maneja métodos estadísticos para analizar los datos e infiere más allá de los datos, utiliza procedimientos de inferencia estadística para generalizar las conclusiones de una muestra a una población definida.



En este sentido el paradigma cuantitativo es confirmatorio, inferencial y deductivo, por lo antes expuesto, se adapta al modelo de investigación planificada. El estudio está apoyado en una investigación de campo ya que toda la información se obtuvo directamente de la realidad, es decir, mediante las observaciones realizadas directamente en el área de estudio.

En función de los objetivos y la metodología implementada, la investigación es de tipo descriptivo en sus primeros pasos y de tipo evaluativo en etapa final. El diseño de la investigación es tipo No Experimental, por cuanto no se manipularon intencionalmente las variables bajo estudio. Atendiendo a la dimensión temporal, el diseño es transeccional o transversal, la recolección de la información se realizó en un solo tiempo determinado. La investigación se fundamentó en base a los principios de la metodología marco para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS), desarrollada por el Grupo GIRA de México.

En cuanto a la técnica de recolección de datos la encuesta constituye el elemento base, de la cual se obtiene la información sobre los agroecosistemas y los criterios de diagnósticos para la selección de indicadores y el instrumento utilizado el cuestionario. En el cuestionario que se elaboró se afrontan atributos como aspectos planteados en las variables de estudio, en este caso: indicadores de sustentabilidad (agroeconómicos, sociales y ambientales). Sin embargo, para cumplir con los requisitos establecidos en la metodología MESMIS fue necesario combinar diferentes estrategias o herramientas de acuerdo a Geilfus (2002), tales como: entrevistas informales, reuniones con personal técnico y expertos, realizar recorridos de campo, mediciones en campo, entrevistas grabadas, videos, fotografías y uso de imágenes satelitales.

Evaluación de la sustentabilidad de los agroecosistemas Para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas se establecieron tres índices por cada dimensión de la sustentabilidad establecida, los cuales fueron denominados: Índice de desempeño agroeconómico (IAK), índice de desempeño social (IS), e índice de desempeño ambiental (IA). Para la construcción de los índices deben considerarse los pesos de los indicadores, en vista de que todos los indicadores no tienen el mismo peso relativo para establecer las ponderaciones se consideró la importancia de los indicadores que componen los criterios de diagnóstico basados en la revisión de referencias y los propios criterios del investigador a los indicadores con mayor importancia se les otorgó el doble del peso que al resto. Este coeficiente multiplica, tanto el valor de los indicadores que forman el criterio de diagnóstico, como el de los indicadores, para construir indicadores de mayor nivel o índices de acuerdo a la recomendación de Gayoso e Iroumé (1991), y Sarandón et al., (2006).



Se establecieron tres índices de desempeño agroeconómico, social y ambiental. Para el índice de desempeño agronómico (IDAK), se le dio una mayor ponderación a los indicadores que componen los criterios de diagnóstico diversidad de las ventas (DV), y seguridad agroalimentaria (SA), con la formula siguiente:

$$\text{IDAK} = 2\text{DV} + \text{DF} + 2\text{SA} + \text{DI} + \text{CMO} + \text{RE} + \text{OI} / 18$$

Para el índice de desempeño social (IDS), se le dio una mayor ponderación a los indicadores que componen los criterios de diagnóstico grado de satisfacción con el sistema productivo (GSSP), integración familiar (IF), y satisfacción de las necesidades básicas (SNB), con la formula siguiente:

$$\text{IDS} = 2\text{GSSP} + 2\text{IF} + 2\text{SNB} + \text{AYF} + \text{IC} / 12$$

Para el índice de desempeño ambiental (IDA), se le dio una mayor ponderación a los indicadores que componen los criterios de diagnóstico manejo del suelo (MS), diversidad animal y vegetal (DAV), y criterios de desarrollo (CD), con la formula siguiente:

$$\text{IDA} = 2\text{MS} + \text{MA} + 2\text{DVA} + \text{PE} + 2\text{CD} / 23$$

Con el objeto de integrar los índices y poder ofrecer una mejor medición de la sustentabilidad se formuló el índice de sustentabilidad del agroecosistema (ISA), basado en la fórmula de Sarandón *et al.*, (2006), en la cual los tres índices de desempeño de las dimensiones de la sustentabilidad reciben una misma valoración porque es una visión adecuada de la sustentabilidad, estas deben tener la misma importancia y se calcula por el promedio entre los Índices de las tres dimensiones mencionadas anteriormente.

$$\text{ISA} = \text{IDAK} + \text{IDS} + \text{IDA} / 3$$

En el Cuadro 1, se presenta la escala diseñada para valorar el ISA. Se definió un valor umbral o mínimo que debía alcanzar el ISA, para considerar un agroecosistema sustentable: igual o menor que el valor medio de la escala, es decir, 2. Además, se consideró que ninguno de los 3 índices de desempeño debía tener un valor menor a 2.

Cuadro 1. Escala de valoración de sustentabilidad

VALOR	DESCRIPCIÓN
0	Ausencia de sustentabilidad
1	Sustentabilidad débil
2	Sustentabilidad media
3	Sustentabilidad optima
4	Sustentabilidad fuerte

Fuente: Elaboración propia basada en Sarandón y Flores (2009).



Integración de resultados

En este paso los resultados se resumen e integran dependiendo de la técnica seleccionada por el investigador. Para los fines de esta investigación se seleccionó la técnica gráfica. De acuerdo a López-Ridaura *et al.*, (2002:27), “cuando se diseñan apropiadamente, las técnicas gráficas pueden ser las más efectiva para identificar los problemas”. En el marco MESMIS, se recomienda un diagrama tipo AMIBA, el cual muestra en términos cualitativos, lo que se ha logrado del objetivo según cada indicador, comparando el valor real con respecto al valor ideal (valor de referencia). Esto permite una comparación simple pero integral y didáctica para mostrar las ventajas y limitaciones del sistema bajo evaluación y poder realizar recomendaciones para mejorar el desempeño en aquellas dimensiones donde los valores presentan restricciones hacia la sustentabilidad del agroecosistema.

Se realizaron las representaciones de índices de desempeño agroeconómico, social y ambiental de cada agroecosistema en forma individual e integrada y del índice de sustentabilidad del agroecosistema y se procedió a realizar análisis comparativo de los niveles de sustentabilidad basado en las recomendaciones de Márquez y Julca (2015).

En esta investigación las unidades de análisis objeto de estudio son los agroecosistemas seleccionados en la cuenca media del río Santo Domingo, parroquias Altamira, Barinitas y Calderas del municipio Bolívar, estado Barinas. Para la selección de la muestra por ser una investigación que amerita por una parte el consentimiento del productor o interés de participar, las características de la topografía del municipio para acceder a las unidades de producción y los recursos disponible para realizar la recolección de la información, se aplicó un muestreo no probabilístico.

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Desempeño de las unidades de producción con respecto a los índices agroeconómico, social y ambiental. Para valorar y comparar el desempeño de los agroecosistemas se utilizó la herramienta de semáforo para visualizar de una manera más idónea la tendencia de los agroecosistemas evaluados. En el Cuadro 2, se puede apreciar los agroecosistemas por parroquias siendo los primeros 6 correspondiente a Altamira, los siguientes 8 a Barinitas, luego los 4 de Caldera y finalmente 2 de El Socorro. En el Cuadro 2, se puede apreciar el desempeño de los tres índices por parroquia y en el Cuadro 3, el del Índice de sustentabilidad del agroecosistema. En la Figura 2, se aprecia el diagrama de amiba integrado de los índices.



Una vez obtenidos los índices de desempeño por cada una de las dimensiones evaluadas se construyó el índice de sustentabilidad del agroecosistema (ISA), para determinar cuál agroecosistema es sustentable, para el caso del ISA, se debe considerar que los índices de desempeño en las tres dimensiones debe ser ≥ 2 en todas las dimensiones evaluadas. En el Cuadro 3, se muestran los valores obtenidos de ISA para cada agroecosistema en los cuales los colores amarillos indican una sustentabilidad media y los verdes sustentabilidad óptima y los rojos una sustentabilidad débil, ya que no alcanzaron cumplir con las condiciones del ISA.

En la figura 2, se representa la integración de los tres índices de desempeño y el ISA para cada uno de los agroecosistemas evaluados.

Cuadro 2. Desempeño de los agroecosistemas identificados por sus dimensiones agroeconómica, social y ambiental.

IDEM	IDAK	IDS	IDA
BAAFLH	2,39	2,71	3,17
BAAFM	1,33	2,64	3,08
BACSI	2,56	3,07	3,58
BALBB	1,94	3,07	3,58
BAAFA	1,11	2,50	2,92
BAAFG	2,11	3,43	4,00
BBSI	1,61	2,86	3,33
BBBH	2,06	2,93	3,42
BBBR	1,83	2,36	2,75
BBCGR	2,61	2,64	3,08
BBCMB	2,61	3,00	3,50
BBCC	2,44	2,86	3,33
BBCRC	2,61	2,79	3,25
BBMP	1,44	2,93	3,42
BCBHA	1,39	2,21	2,58
BCGA	1,89	2,21	2,58
BCLCS	1,94	2,36	2,75
BCLGSI	2,00	2,93	3,42
CPSDP	2,06	2,21	2,58
CPSDVI	1,44	2,71	3,17



IDEM: Identificación de la unidad de producción

IDS: índice de desempeño social,

Ausencia de sostenibilidad 

Sustentabilidad media 

Sustentabilidad optima 

IAK: Índice de desempeño agroeconómico,

IDA: índice de desempeño ambiental.

Sustentabilidad débil 

Sustentabilidad fuerte 

Cuadro 3. Índice de sustentabilidad del agroecosistema (ISA), por unidad de producción.

IDEM	ISA
BAAFLH	2,76
BAAFM	2,35
BACSI	3,07
BALBB	2,87
BAAFA	2,18
BAAFG	3,18
BBSI	2,60
BBBH	2,80
BBBR	2,31
BBCGR	2,78
BBCMB	3,04
BBCC	2,88
BBCRC	2,88
BBMP	2,60
BCBHA	2,06
BCGA	2,23
BCLCS	2,35
BCLGSI	2,78
CPSDP	2,28
CPSDVI	2,44

Fuente: Cálculos propios.

DEM: identificación

Sustentabilidad optima ■

Sustentabilidad débil ■

ISA: índice de sustentabilidad del Agroecosistema.

Sustentabilidad media ■

En la figura 2, se representa la integración de los tres índices de desempeño y el ISA para cada uno de los agroecosistemas evaluados.

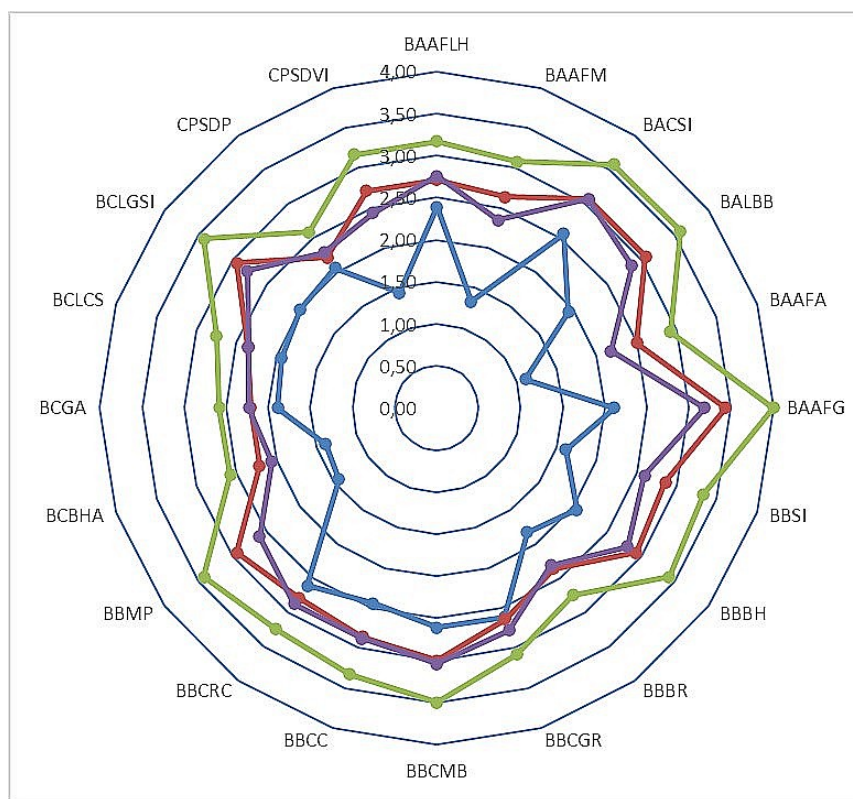
■ Índice de desempeño agroeconómico (IAK).

■ Índice de desempeño ambiental (IA).

Índice de sustentabilidad del agroecosistema (ISA)

■ Índice de desempeño social (IS).

■ Índice de sustentabilidad del agroecosistema (ISA)



Fuente: elaboración propia

Figura 2. Representación integrada de los índices de desempeño por las tres dimensiones de la sustentabilidad y el índice de sustentabilidad del agroecosistema.



REFLEXIONES

En forma general los productores mayormente hombres con nivel medio de educación, se caracterizan por tener unidades de producción de tamaño pequeño, con rubros agrícolas principales como café y cacao con presencia de diversos cultivos en asociación y especies animales menores lo cual les permite obtener ingresos adicionales por la comercialización de estos productos. Los ingresos percibidos por los productores les permiten satisfacer las necesidades básicas del núcleo familiar tales: como ropa, recreación, alimentación, transporte, salud y reinversión en el predio.

Las condiciones de vivienda son óptimas con deficiencia en servicios básicos como aseo, acueducto, telefonía fija, gas y señal de televisión. En cuanto a lo ambiental los agroecosistemas caracterizados hacen uso de enmiendas orgánicas, prácticas ecológicas tales como: diversidad y asociaciones de cultivos anuales, de ciclo corto, perenne y forestal, así como presencia de plantas medicinales. Un aspecto importante es la ausencia de programas de formación y asistencia técnica en los rubros desarrollados en los últimos años.

Para la evaluación del desempeño de los agroecosistemas se construyeron de manera participativas indicadores en las tres dimensiones de la sustentabilidad. Siendo los siguientes: dimensión agroeconómica 7 criterios de diagnóstico y 12 indicadores, para la social 5 criterios de diagnóstico y 8 indicadores y finalmente para la ambiental 5 criterios de diagnóstico y 13 indicadores, para un gran total de 17 criterios de diagnóstico y 33 indicadores.

Para la evaluación y comparación de la sustentabilidad de los agroecosistemas basado en la metodología MESMIS se formularon 3 índices de desempeño matemáticos con sus ponderaciones, siendo los mismos el índice de desempeño agroeconómico (IDAK), el social (IDS), y el ambiental (IDA), estos índices de desempeño se integraron finalmente en el índice de sustentabilidad de los agroecosistemas (ISA), para establecer si los agroecosistemas son sustentables o no. Este último permitió observar de manera cuantitativa la situación del agroecosistema en términos del concepto de sustentabilidad.

La evaluación de las unidades demostró que estos son sustentables en el índice de sustentabilidad del agroecosistema, sin embargo, en el índice de desempeño agroeconómico, el 50% de los agroecosistemas no lograron alcanzar la condición del valor ≥ 2 en todos los índices de desempeño. Esto se debió a la dependencia del monocultivo y a la baja diversificación de otros rubros y productos, lo cual no les permitan explorar nuevos mercados y mejorar sus ingresos.



El mejor desempeño en el índice ambiental de las parroquias Altamira y Barinitas estuvo marcado por el manejo de la cobertura vegetal, este fue determinado por la valoración de las imágenes satelitales en un período de 15 años sobre las decisiones realizadas por el productor en cuanto al manejo de la diversidad vegetal por el porcentaje de cobertura en cada periodo evaluado. Otro componente importante que se considero fue el manejo del suelo a través de la implementación de prácticas ecológicas, uso de los residuos de cosecha para preparación de abonos orgánicos, manejo de zonas de reserva, el uso mínima labranza y la preservación de una diversidad vegetal, animal en correspondencia con el ambiente.

La evaluación del ISA de los agroecosistemas en la cuenca media del río Santo Domingo, municipio Bolívar del estado Barinas, mostraron una tendencia a ser sustentables en correspondencia a lo documentado en los antecedentes citados sobre la sustentabilidad de los agroecosistemas de pequeñas dimensiones con una alta capacidad de resiliencia y de bajo impacto ambiental.

El manejo de herramientas cuantitativas y cualitativas aunadas al uso de las nuevas Tecnologías de la Comunicación y la información tales como; la interpretación de imágenes satelitales contribuye a una mejor comprensión de la realidad evaluada, así como un medio para promover la participación y el conocimiento de los propios productores en las decisiones más acertadas de su unidad de producción.

La participación activa en la caracterización, formulación y monitoreo de los indicadores de los productores les permitió adquirir conocimiento y reconocer las fortalezas y limitantes de sus agroecosistemas, lo cual debe ser un requisito indispensable para la comprensión y valoración de la metodología MESMIS.

REFERENCIAS

- Altieri M. (1997). Diez tesis sobre el medio ambiente en América Latina. *Ecología*, 2(1), 57-58.
- Astier M., Galván M. y Maserá O. (2008). Retos para los análisis de sustentabilidad de los SMRN. En M. Astier, O. Maserá, y M. Galván (Coord.), *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional* (págs. 1993-200). Valencia, España: Editorial Mundiprensa-SEAE-CIGA-CIEco-GIRA.
- Barrezueta-Unda S., Paz González A. y Chabla-Carillo J. (2017). Revisión de criterios para medir la sostenibilidad agraria: adaptación de marcos de trabajo y propuesta de indicadores. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 77-84.



Braco-Medina C., Marin H., Marrero-Labrador P., Ruiz M., Torres-Navarrete B., Navarrete-Alvarado H., y otros. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napa, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1), 23-36.

FAO (2015). *La FAO y los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Italia: FAO.

Gayoso J. y Iroume A. (1991). Metodología para estimar la fragilidad en terrenos forestales. *Medioambiente*. Valdivia, 11(2), 13-24.

Geilfus F. (2002). *80 herramientas para el desarrollo participativo. Diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación*. San José, Costa Rica: IICA.

Gliessman S. (2001). *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Sleeping Bear/Ann Arbor Press.

Gravina B., Hernández A. y Leyva-Galán A. (2012). Utilización de nuevos índices para la sostenibilidad de un agroecosistema en la República Bolivariana de Venezuela. *Cultivos Tropicales* (33), 15-22.

Joa E., Hachavarria M. y Arias C. (2016). Evaluación de sostenibilidad del sistema del sistema productivo agrícola de la Cooperativa de Crédito y Servicio (CCSF) U. G. Valera del municipio Bayamo. *Revista Granma Ciencia*, 20(2), 1-10.

Kaufmann R. y Cleveland C. (1995). Midiendo la sostenibilidad: se necesita un enfoque interdisciplinario de un concepto interdisciplinario. *Economía ecológica*, 15, 109-112.

Levins R. y Vandermeer J. (1990). The agroecosystem embedded in a complex ecological community. En R. Carroll, J. Vandermeer, y P. Rosset (Coord.), *Agroecology* (págs. 341-362). New York, USA.

López-Ridaura, R., Masera, O., y Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological Indicators*, 2, 135-148.

Márquez F. y Julca A. (2015). Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba, Cusco. Perú. *Revista de la Facultad de ingeniería de la USIL*, 2(1), 128-137.

Masera O., Astier M. y López S. (2000). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación*. México: MESMIS. GIRA-Mundi-prensa.



Sarandón S. y otros. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Revista Agroecología*, 1, 19-28.

Sarandón S. y Flores C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología*, 4, 29-38.

Silva-Santamaría L. y Ramírez-Hernández O. (2017). Evaluación de agroecosistemas mediante indicadores de sostenibilidad en San José de las Lajas, provincia de Mayabeque, Cuba. *Revista Luna Azul* (44), 120-152.

Toledo V. (2015). ¿De qué hablamos cuando hablamos de sustentabilidad? Una propuesta ecológico política. *Interdisciplina*, 3(7), 35-55.

Vega M., Iribarnegaray M., Hernández M., Arzeno J., Osinaga R., Zelarayán A., y otros. (2015). Un nuevo método para la evaluación de la sustentabilidad agropecuaria en la provincia de Salta, Argentina RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 41(2), 168-178.