



PROPUESTA DE ÍNDICE GLOBAL PARA EVALUAR LA CONTRIBUCIÓN DE LAS CADENAS AGROPRODUCTIVAS AL DESARROLLO SOSTENIBLE

PROPOSAL FOR A GLOBAL INDEX TO EVALUATE THE CONTRIBUTION OF AGRICULTURAL PRODUCTION CHAINS TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Yanisleidy Quevedo Reyes ^{1*}

E-mail: yquevedo@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7252-8782>

Elia Natividad Cabrera Álvarez ¹

E-mail: elita@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7661-5894>

Milagros de la Caridad Mata Varela ¹

E-mail: mmata@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2394-5990>

Llney Portela Peñalver ¹

E-mail: llportela@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7713-1047>

Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cienfuegos, Cuba.

*Correo para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Quevedo Reyes, Y., Cabrera Álvarez, E.N., Mata Varela, M.C., Portela Peñalver, Ll. (2026). Propuesta de índice global para evaluar la contribución de las cadenas agroproductivas al desarrollo sostenible. *Universidad y Sociedad* 18(1). e5251.

RESUMEN:

En un contexto global marcado por la creciente conciencia sobre los desafíos ambientales y la urgencia de impulsar modelos de desarrollo económico sostenible, las cadenas agroproductivas (CAP) emergen como un eje estratégico. Estas no solo constituyen la base para la seguridad alimentaria y la subsistencia humana, sino que también generan externalidades significativas "tanto positivas como negativas" en los ecosistemas y las dinámicas socioeconómicas locales. En particular, en América Latina, donde el sector agropecuario representa un pilar económico, la evaluación integral de las CAP bajo criterios de sostenibilidad se ha convertido en una prioridad para los gobiernos y organismos de planificación. Este estudio busca contribuir en este sentido, al plantearse como objetivo general de la investigación: proponer un índice de contribución de las CAP al desarrollo sostenible (IC_{CAP}DS). Para ello se diseña un hilo conductor que toma como base los antecedentes teórico metodológicos a partir de una revisión bibliográfica. Como novedad científica resalta la propuesta de una metodología para el análisis de CAP con un enfoque sistémico, sustentada en diversas herramientas y métodos matemáticos, que integra los aspectos metodológicos para su diagnóstico con la construcción de un índice global, basado en un sistema de indicadores multidimensionales (económico, social, ambiental y político institucional), que permite

evaluar la contribución de las CAP al desarrollo sostenible del territorio donde se enmarque y que sea generalizable a cualquier producto agrícola, de manera que facilite la toma de decisiones gubernamentales.

Palabras clave: Cadenas agroproductivas, Desarrollo sostenible, Indicadores, Índice global, Metodología.

ABSTRACT:

In a global context marked by growing awareness of environmental challenges and the urgency of promoting sustainable economic development models, agricultural production chains (APCs) are emerging as a strategic axis. These not only constitute the basis for food security and human subsistence, but also generate significant externalities -both positive and negative- on ecosystems and local socioeconomic dynamics. Particularly in Latin America, where the agricultural sector represents an economic pillar, the comprehensive evaluation of CAPs under sustainability criteria has become a priority for governments and planning agencies. This study seeks to contribute in this sense, by setting as the general objective of the research: to propose an index of contribution of CAPs to sustainable development (ICCAPDS). To this end, a guiding thread is designed that takes as a basis the theoretical and methodological background based on a literature review. As a scientific novelty, the proposal of a methodology for

the analysis of CAP with a systemic approach, based on various mathematical tools and methods, which integrates the methodological aspects for its diagnosis with the construction of a global index, based on a system of multidimensional indicators (economic, social, environmental and institutional political), which allows evaluating the contribution of CAP to the sustainable development of the territory.

Keywords: Agricultural production chains, Sustainable development, Indicators, Global index, Methodology.

INTRODUCCIÓN

En la última década, las iniciativas de desarrollo de cadenas de productos básicos han ganado relevancia en América Latina como instrumento de políticas públicas para la reducción de la pobreza y el desarrollo rural. Este enfoque, promovido por organismos gubernamentales, fomenta la cooperación entre actores económicos y busca fortalecer la competitividad del tejido empresarial en zonas vulnerables (Van der Heyden et al., 2004).

Desde finales del siglo XX, países como Colombia han priorizado este modelo, orientado a generar ventajas competitivas mediante esquemas de trabajo colaborativo entre sectores económicos (Porter, 1998). No obstante, en años recientes, el debate ha evolucionado hacia la sostenibilidad de las cadenas productivas agrícolas (CAP), vinculándolas con paradigmas emergentes como la bioeconomía (Barboza et al., 2021; Rodríguez et al., 2023) y la economía circular (Do et al., 2023; Fabris et al., 2023; Garzón, 2023;). Estos enfoques destacan la necesidad de optimizar recursos, valorizar desechos y reducir la dependencia de insumos externos, asegurando simultáneamente la viabilidad intergeneracional (Lorenzo et al., 2023; Vázquez-González et al., 2022).

De manera general, los estudios consultados sobre cadenas productivas, específicamente las agroproductivas, se han centrado en dos aspectos fundamentales. Por un lado, lo relacionado con el funcionamiento interno de la cadena, o sea, evaluar su productividad, competitividad, articulación entre sus actores y la sostenibilidad, que en los casos más abarcadores vinculan este último con la bioeconomía y la economía circular. Por otro lado, se encuentran los que estudian los aportes que pueden brindar la cadena hacia el exterior, ya sea en función de la satisfacción de la demanda de los consumidores o para la implementación de acciones de desarrollo territorial.

A partir del análisis realizado de los estudios que anteceden esta investigación, se constata que las contribuciones logradas, aún no son suficientes para evaluar la gestión de las CAP desde una perspectiva más integral y

sistémica a favor del desarrollo sostenible, argumentado en los siguientes vacíos teóricos y metodológicos:

- Escaso herramental metodológico sobre indicadores multidimensionales en función del desarrollo sostenible, con enfoque de cadena y generalizable a cualquier producto agrícola.
- No se identifica una metodología para el análisis de CAP que proponga un índice global para la evaluación de la contribución de las CAP al desarrollo sostenible.

Lo anterior constituye la situación problemática que justifica el presente artículo, del cual se deriva la siguiente interrogante de investigación a desarrollar: ¿Cómo evaluar la contribución de las cadenas agroproductivas al desarrollo sostenible? Para ello se utilizan métodos a nivel teórico como el histórico-lógico en la sistematización de las diferentes formas de articulación de la producción que anteceden y se relacionan con los encadenamientos productivos, de modo general, hasta llegar a particularizar el análisis de las CAP.

El método inductivo-deductivo se emplea para la inducción de aspectos que permiten ir de lo general a lo particular en la concreción de los pasos del hilo conductor que se elabora y establecer las generalizaciones a partir de las observaciones específicas de esta evaluación en el contexto de aplicación y la deducción de los elementos encontrados durante el proceso de investigación.

Además, se utilizan métodos de la estadística descriptiva y matemáticos para la ponderación de los indicadores y dimensiones que intervienen en el $IC_{CAP}DS$.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cadenas productivas, en cualquiera de sus formas o clasificaciones, transitan por un proceso de análisis y evaluación, para lo cual se han desarrollado un conjunto de guías, procedimientos o metodologías, que buscan desarrollar los conocimientos y la experiencia de los evaluadores, bien sea a nivel de captura de información o en el propio análisis de estas. Se realiza un análisis crítico de varias propuestas metodológicas (Door, 2015; Lundy et al., 2014; Padilla et al., 2016; Van der Heyden et al., 2004; Vázquez et al., 2022; Vinci, et al., 2014;) que se hallan en la bibliografía consultada, que tienen objeto y objetivos similares a los de esta investigación. Las propuestas analizadas se seleccionan considerando como primer criterio, que todas están diseñadas para evaluar procesos agrícolas, en segundo lugar, que algunas son propuestas para evaluar diferentes atributos de cadenas productivas o de valor y el tercer elemento es que algunas incluyen la propuesta de un sistema de indicadores para evaluar sistemas o procesos agrícolas.

Se resaltan de cada una de ellas, los elementos que constituyen limitaciones, para dar respuesta a la pregunta científica planteada en esta investigación, así como los principales aportes que se pueden tomar como base en la solución de dicho problema. A pesar de la existencia de importantes antecedentes metodológicos, se considera que las contribuciones citadas, aún no son suficientes para evaluar la gestión de las CAP, desde una perspectiva más sistémica y multidimensional a favor del desarrollo sostenible. Este criterio se fundamenta en que no se ha descrito una propuesta metodológica para el análisis de procesos o sistemas agrícolas, que integre los dos elementos siguientes:

1. Tener un enfoque de cadena, donde se consideren los eslabones desde de la provisión de insumos, hasta el consumidor final.
2. Propuesta teórica metodológica de un índice, que integre un sistema de indicadores multidimensionales, para evaluar la contribución de las CAP al desarrollo sostenible.

Lo anterior pone al descubierto, la necesidad de una herramienta metodológica generalizable a cualquier producto agrícola, que integre estos dos elementos, a favor del desarrollo sostenible del territorio donde se enmarquen los eslabones primarios de las CAP, considerando sus cuatro dimensiones (económico, social, ambiental y político institucional). Además, que su robustez se evidencie en la construcción de un índice mediante una función matemática que sintetice el sistema de indicadores, pertinente para establecer comparaciones entre CAP y analizar su evolución en el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 representa resumidamente el hilo conductor que permite la construcción del IC_{CAP}^{DS}, así como las herramientas o técnicas que se emplearon para su aplicación.

Tabla 1. Hilo conductor para el diseño del IC_{CAP}^{DS}.

ETAPA 1. Propuesta de indicadores	Pasos	Herramientas/técnicas
	Análisis de propuestas antecedentes	Revisión bibliográfica
	Selección de expertos	Método TZ-Combinado
	Validación de los indicadores	Método Delphi
	Descripción de los indicadores	Talleres participativos/tormenta de ideas
ETAPA 2. Construcción del índice	Ponderación de los indicadores y dimensiones	Método AHP
	Formulación del índice global	Método de agregación matemática

Resultados de la aplicación del hilo conductor

Etapla 1. Propuesta de indicadores

Para la definición del sistema de indicadores pertinentes para evaluar la contribución de las CAP al desarrollo sostenible, se desarrollan 4 pasos fundamentales, como se describen a continuación y se muestran los principales resultados de su aplicación.

Paso 1. Análisis de propuestas antecedentes

Se realiza una amplia revisión bibliográfica sobre investigaciones donde se proponen indicadores, con propósitos similares a los de esta investigación. Se elabora un listado final resumido con 146 indicadores, a partir de un grupo de atributos considerados por los autores consultados, en función de sus objetivos.

Considerando la amplitud de este listado, se procede a una reducción, donde solo se incluyen los indicadores de mayor coincidencia entre los autores consultados. Se define un listado inicial de indicadores que permitan evaluar la contribución de las CAP al desarrollo sostenible, adaptados al contexto actual. En esta propuesta se desagregan a partir de las dimensiones: económica, social, ambiental y político institucional.



Paso 2. Selección de expertos

Para la reducción del número de indicadores y adaptación al objeto de la investigación, se cuenta con la opinión de un conjunto de expertos en la temática, tanto de cadenas productivas, como de desarrollo sostenible, a partir de su enfoque multidimensional. Los candidatos son seleccionados utilizando el método de expertos TZ-Combinado, considerando los criterios de idoneidad (años de experiencia y cargo que ocupa), conocimiento del tema en cuestión, competencia y creatividad, disposición a participar y compromiso, capacidad de análisis y de pensamiento lógico y espíritu colectivista y autocrítico.

Los especialistas que fueron elegidos 7 o más veces como muy experto (se redondea por exceso), fueron los expertos que se consideraron para esta investigación. En este caso fue un total de 12, lo cual se considera un número suficiente para este tipo de investigación.

Paso 3. Validación de los indicadores

En este paso, para la validación de los indicadores, se aplica el método Delphi, para contar con el criterio de los expertos antes seleccionados. Se organizan las rondas con los expertos, utilizando para ello un cuestionario, a partir de la propuesta inicial de indicadores, para comenzar el proceso de consulta y validación. Se le solicita al equipo de expertos su criterio sobre el grado de adecuación de la propuesta inicial de indicadores, evaluando de acuerdo con una escala de tipo Likert con 5 alternativas de respuesta. Además, una pregunta de formato abierto para recoger el criterio de los encuestados respecto a la inclusión de algún indicador diferente.

Luego de realizada la primera ronda de encuestas, para definir la necesidad de una segunda ronda, se realiza la Prueba no paramétrica W de Kendall para analizar la posible concordancia entre las opiniones dadas por los expertos. Teniendo en cuenta estos resultados, se realiza un análisis no solo cuantitativo del procesamiento estadístico, sino también cualitativo, a partir del criterio de los expertos. Aquellos indicadores con un menor rango promedio se deciden eliminar y se agregan otros que fueron sugeridos, coincidentemente por varios expertos.

Con el nuevo listado de indicadores, se confecciona el cuestionario a aplicar en la segunda ronda a los expertos. Al finalizar esta ronda se obtiene un coeficiente de concordancia de Kendall (W) igual a 0.721, lo que indica mayor fortaleza en el acuerdo, pues el valor de W se halla entre 0.7 y 1, es decir, que coinciden en sus juicios en un 72,1%.

Luego de obtenidos los resultados deseados se concluye la aplicación del método Delphi, permitiendo validar

el listado final de indicadores para la evaluación de la contribución de las CAP al desarrollo sostenible, una vez eliminados los que resultaron con menor rango promedio.

Paso 4. Descripción de los indicadores

Una vez validado por los expertos en el paso anterior, el listado de indicadores, aún se considera no facilitan medir el funcionamiento de la cadena, caracterizada por un enfoque sistémico, con rasgos diferentes en cada uno de sus eslabones. En este sentido, se decide reducir el número de indicadores y describir detalladamente cómo proceder a su cálculo y evaluación. Para ello, se consulta el criterio de los expertos con una *t tormenta* o lluvia de ideas, a través de talleres participativos. A continuación, se muestra un resumen de los 21 indicadores propuestos por cada una de las dimensiones definidas, para evaluar la contribución de las CAP al desarrollo sostenible y se describe detalladamente la forma de calcular cada uno de ellos.

Listado final de indicadores por dimensiones

Dimensión económica

E1. Rentabilidad neta de la cadena (RNC): mide la capacidad de la cadena de generar beneficios económicos (ecuación 1).

$$RNC = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{\sum_{i=1}^n G_i} \quad [1]$$

donde:

i: eslabón, $i=1,2,...,n$ I: ingreso total G: gasto total

E2. Productividad de la cadena (PC): Mide la eficiencia de producción total de la cadena, por insumos empleados (ecuaciones 2 y 3).

$$PC = \frac{PT}{\sum_{i=1}^n I_e} \quad [2]$$

$$I_e = MO + R_e + T + A \quad [3]$$

donde:

I_e : Insumos empleados i: eslabón, $i=1,2,...,n$ PT: Producción total de la cadena

MO: Mano de obra R_e : Recursos energéticos T: Tierra A: Agua

E3. Contribución de las exportaciones al territorio (CEt): mide en qué por ciento contribuye la exportación del producto final al territorio (ecuación 4).

$$CE_t = \frac{VE_t}{VTPE} * 100 \quad [4]$$

donde:

VE_t : valor de la exportación que se aporta al territorio
 $VTPE$: valor total de la producción exportable

E4. Contribución del valor agregado al territorio (CVAt): mide qué por ciento del valor agregado en la cadena, se aporta al territorio (ecuación 5).

$$CVA_t = \frac{VA_t}{VA} . 100 \quad [5]$$

donde:

VA_t : valor agregado que se queda en el territorio
 VA : valor agregado (ecuación 6)

$$VA = VPA_v - CI_e \quad [6]$$

VPA_v : valor de los productos agrícolas vendidos
 CI_e : costo de los insumos empleados

E5. Demanda agrícola satisfecha (DAS): mide qué por ciento de la demanda total del producto es satisfecha (ecuación 7).

$$DAS = \frac{PT_c}{DTP} . 100 \quad [7]$$

donde:

PT_c : producción total de la cadena
 DTP : demanda total del producto

E6. Equidad en la distribución de las utilidades (EDU): mide cuán equitativo están distribuidas las utilidades netas en los eslabones de la cadena (ecuación 8).

$$EDU = 1 - \sum_{i=1}^n (X_{i+1} - X_i) (Y_i + Y_{i+1}) \quad [8]$$

donde:

i : eslabón, $i=1,2,...,n$ X_i : proporción (o porcentaje) del eslabón en la cadena

y_i : participación relativa de las utilidades acumuladas en la posición i

Dimensión social

S1. Equidad en la distribución del salario (EDS): Mide la equidad en la distribución salarial de los eslabones de la cadena (ecuación 9).

$$EDS = \left[\left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_c} * \ln \frac{S_i}{S_c} \right] \quad [9]$$

donde:

i : eslabón, $i=1,2,...,n$ S_i : salario promedio del eslabón
 $\overline{S_c}$: salario promedio de la cadena

S2. Por ciento de productores propietarios de la tierra (PPPT): mide qué por ciento de los productores son propietarios de la tierra (ecuación 10).

$$PPPT = \frac{PPT}{TP} . 100 \quad [10]$$

PPT : cantidad de productores propietarios de la tierra
 TP : total de productores

S3. Equidad de género en la cadena (EG): Mide qué por ciento de los trabajadores de la cadena, son mujeres (ecuación 11).

$$EG = \frac{\sum_{i=1}^n CME_i}{\sum_{i=1}^n TED_i} \quad [11]$$

donde:

i : eslabón, $i=1,2,...,n$ CME : cantidad de mujeres empleadas
 TED : total de empleados directo

S4. Capacitación generada por la cadena (CG): Mide el por ciento de los actores de la cadena que reciben actividades (cursos o talleres) de capacitación vinculadas a la cadena (ecuación 12).

$$CG = \frac{\sum AC}{\sum AP} \quad [12]$$

donde:

i : eslabón, $i=1,2,...,n$ AC : cantidad de actores de la cadena que reciben capacitación

AP : cantidad de actores potenciales

S5. Aprovechamiento de la identidad cultural (AIC): mide qué por ciento de los productores, producen productos agrícolas identitarios del territorio (ecuación 13).

$$AIC = \frac{PPAI}{TP} . 100 \quad [13]$$

donde:

$PPAI$: productores de productos agrícolas identitarios
 TP : total de productores

Dimensión ambiental

A1. Desempeño energético (DE): mide la eficiencia con que se utilizan los recursos energéticos empleados en la producción y procesamiento del producto agrícola analizado (ecuación 14).

$$DE = \frac{\sum_{i=1}^n RE_i}{PT} \quad [14]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ RE: recursos energéticos
PT: producción total

A2. Tasa de energía generada por la cadena (TEG): mide qué por ciento de los recursos energéticos que se utilizan en la cadena, son generados por ella misma (ecuación 15).

$$TEG = \left[\frac{\sum_{i=1}^n EG_i}{\sum_{i=1}^n RE_i} \right] \cdot 100 \quad [15]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ EG: energía generada RE: recursos energéticos

A3. Consumo específico de agua (CEA): Mide la cantidad de litros de agua que se emplean por cada tonelada del producto final producido por la cadena (ecuación 16).

$$CEA = \frac{\sum_{i=1}^n CA_i}{PT} \quad [16]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ CA: consumo de agua
PT: producción total

A4. Tasa de aprovechamiento de residuos (TAR): mide qué por ciento de los residuos generados por la cadena son aprovechados a favor de la cadena y/o del territorio (ecuación 17).

$$TAR = \sum_{i=1}^n \frac{RA_i}{TRG_i} \quad [17]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ RA: residuos aprovechados
TRG: total de residuos generados

A5. Balance de CO₂ de la cadena (BCO₂): mide el balance entre la fijación y la emisión de CO₂ de la cadena (ecuación 18).

$$BCO_2 = \sum_{i=1}^n FCO_{2i} - \sum_{i=1}^n ECO_{2i} \quad [18]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ FCO₂: fijación de dióxido de carbono
ECO₂: dióxido de carbono emitido

Dimensión político - institucional

PI1. Asistencia técnica recibida en la cadena (ATC): mide qué por ciento de la cadena recibe asistencia técnica como servicio de apoyo (ecuación 19).

$$ATC = \frac{\sum_{i=1}^n BAT_i}{\sum_{i=1}^n BP_i} \cdot 100 \quad [19]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ BAT: cantidad de beneficiarios que reciben asistencia técnica en el eslabón
BP: beneficiarios potenciales del eslabón

PI2. Financiamiento recibido en la cadena (FC): mide qué por ciento de los actores de la cadena reciben financiamiento con otros incentivos financieros (ecuación 20).

$$FC = \frac{\sum_{i=1}^n BF_i}{\sum_{i=1}^n BP_i} \cdot 100 \quad [20]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ BF: cantidad de beneficiarios que reciben financiamiento o beneficio fiscal
BP: beneficiarios potenciales del eslabón

PI3. Proyectos de desarrollo local vinculados a la cadena (PDLC): mide qué por ciento de los proyectos de desarrollo son vinculados a la cadena (ecuación 21).

$$PDLC = \frac{CPDL_c}{TPDL_t} \cdot 100 \quad [21]$$

donde:

CPDL_c: cantidad de proyectos de desarrollo local generados por la cadena

TPDL_t: total de proyectos de desarrollo local aprobados en el territorio.

PI4. Vínculo con las formas de gestión no estatal (VFGnE): mide qué por ciento del total de actores directos vinculados a la cadena, son privados (ecuación 22).

$$VFG_nE = \frac{CA_nE}{TA} \cdot 100 \quad [22]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ CA_nE: cantidad de actores no estatales
TA: total de actores

PI5. Incentivos fiscales en la cadena (IFc): mide qué por ciento de los actores de la cadena reciben incentivos fiscales (ecuación 23).

$$IFc = \frac{\sum_{i=1}^n BIf_i}{\sum_{i=1}^n BP_i} \cdot 100 \quad [23]$$

donde:

i: eslabón, $i=1, 2, \dots, n$ BIf: cantidad de beneficiarios que reciben beneficio fiscal

BP: beneficiarios potenciales del eslabón

Etapa 2. Construcción del índice

Una vez definido el sistema de indicadores por dimensiones, se procede a la construcción del $IC_{CAP}DS$. Para ello se propone el empleo de la metodología de agregaciones simples, sobre la base de la función aditiva. El índice global se establece a partir de índices dimensionales con los indicadores por cada dimensión, con el apoyo del paquete estadístico SPSS y/o Microsoft Excel.

Paso 4. Ponderación de los indicadores y dimensiones

Con el objetivo de distinguir la importancia relativa de los distintos indicadores de base considerados, así como de las dimensiones del análisis, se propone una asignación de pesos o determinación del factor de ponderación de los mismos. En este caso se emplea el método Proceso Analítico Jerárquico (**AHP** por sus siglas del inglés) como técnica de decisión multicriterio discreta para la toma de decisiones complejas (multidimensionales).

Para lo cual se emplea una herramienta informática en línea, para el proceso de jerarquía analítica (AHP-OS), consultando el criterio de los expertos seleccionados con anterioridad.

Paso 6. Formulación del índice global

Una vez asignado un peso de importancia, tanto a los indicadores dentro de cada dimensión, como a cada dimensión en sí, se procede a la formulación del índice global. La composición de este índice está dada por una construcción ponderada compleja donde se proponen dos niveles de desagregación, o sea, el índice está compuesto por dimensiones y las dimensiones a su vez, por indicadores que evalúan cada una de ellas.

Por tanto, el valor que toma el $IC_{CAP}DS$ es el resultado de una construcción ponderada de sus dimensiones, tal y como se muestra en la ecuación 24.

$$IC_{CAP}DS = \sum_{j=1}^m D_j u_j + D_2 u_2 + \dots + D_m u_m \quad [24]$$

Donde los u_j son las ponderaciones empleadas para cada dimensión D_j . ($j=1,2,\dots,m$), con:

$$\sum_{j=1}^m u_j = 1$$

$$0 \leq u_j \leq 1$$

Para el caso de las 4 dimensiones del desarrollo sostenible asumidas en esta investigación el $IC_{CAP}DS$ se formula como se expresa en la ecuación 25.

$$IC_{CAP}DS = D_E u_1 + D_S u_2 + D_A u_3 + D_{PI} u_4 \quad [25]$$

A su vez, el resultado de cada dimensión se obtiene a partir de una construcción ponderada de sus indicadores (ecuación 26).

$$D_j = \sum_{i=1}^m I_i w_1 + I_2 w_2 + \dots + I_{p_j} w_{p_j}$$

$$D_j = \sum_{i=1}^m I_i w_1 + I_2 w_2 + \dots + I_{p_j} w_{p_j}$$

[26][26]

Donde:

w_k : peso otorgado a cada indicador I_k ($k=1,2,\dots,p_j$)

$$\sum_{i=1}^{p_j} w_i = 1 \sum_{i=1}^{p_j} w_i = 1$$

$$0 \leq w_i \leq 1 \quad 0 \leq w_i \leq 1$$

$IC_{CAP}DS$: índice de contribución de la CAP al desarrollo sostenible

D_x : cada dimensión que compone el $IC_{CAP}DS$

m : cantidad de dimensiones del índice.

I_p : indicadores que componen cada dimensión

Para evaluar el resultado del $IC_{CAP}DS$ se diseñó una escala de tres (3) categorías (Tabla 2) que se encuentran entre los valores que puede tomar este índice. La lógica de esta escala permite interpretar que el valor deseado del índice sería por encima de 0.67.

Tabla 2: Escala diseñada para evaluar el resultado del $IC_{CAP}DS$.

Escala	Categorías
$0.0 \leq IC_{CAP}DS < 0.33$	Contribución baja
$0.33 \leq IC_{CAP}DS < 0.67$	Contribución media
$0.67 \leq IC_{CAP}DS \leq 1$	Contribución alta

CONCLUSIONES

La propuesta de indicadores multidimensionales (económicos, sociales, ambientales y políticos institucionales), con una descripción detallada de su forma de cálculo, permiten medir el funcionamiento de la cadena, caracterizada por un enfoque sistémico, con rasgos diferentes en cada uno de sus eslabones, en función del desarrollo sostenible.

El sistema de indicadores propuestos, permitió la construcción de cuatro índices de contribución dimensionales, que mediante la aplicación de métodos matemáticos se agregan en un índice global.

El índice propuesto constituye una herramienta gubernamental para la toma de decisiones, al tener la particularidad de ser generalizable a cualquier producto agrícola y para cualquier alcance de la cadena que se pretenda evaluar.

Con los resultados del índice se pueden establecer comparaciones entre las dimensiones que componen el índice y analizar su evolución en el período de tiempo en que se estudie la cadena seleccionada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barboza Arias, L.M., & Díaz Porras, R. (2021). La bioeconomía en Costa Rica: un nuevo enfoque sobre la sostenibilidad de las agro cadenas productivas: *Economía, Gobernanza y sustentabilidad en América Latina*. Universidad Autónoma de Zacatecas. <https://repositorio.una.ac.cr/items/c54e84f5-875e-46ee-8ef5-7381cc85b0d5>
- Do, T. T. H., Ly, T. B. T., & Hoang, N. T. (2023). A new integrated circular economy index and a combined method for optimization of wood production chain considering carbon neutrality. *Chemosphere*, 311, 137029. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653522035226>
- Door Remotti, C. R. (2015). Indicadores para evaluar la eficacia del sistema de cadenas agroproductivas en Perú [Tesis Doctoral, Universidad de Almería, España]. Almería, España. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=111601>
- Fabris Mesquita, M. M., Sabbadini, F. S., & Costa, K. A. (2023). Economía circular e simbiose industrial: um indicador para tomada de decisões. *Revista Valore*, 8, 8071. DOI: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/1222>
- Garzón Cortés, G. del P. (2023). Retos de la economía circular en los envases y empaques de alimentos de un solo uso [Tesis Doctoral, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia]. Bogotá, Colombia. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124912/records/67bc9b017a9727816ad32285>
- Lorenzo Kómová, E., Palacios Hidalgo, Á., & Souza Via-montes, C. M. (2023). La economía circular en la gestión de residuos ganaderos. *Economía y Desarrollo*, 167(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0252-85842023000200008&script=sci_arttext&tlng=en
- Lundy, M., Gottret, M. V., Cifuentes, W., Ostertag Gálvez, C. F., & Best, R. (2014). *Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de cadenas productivas con pequeños productores de pequeña escala: manual de campo*. CIAT. <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/e0981772-478e-4654-bcdf-8b4aee3e4511/content>
- Padilla, R., & Oddone, N. (2016). Manual para el fortalecimiento de cadenas de valor. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-cepal-11362-40662/Description>
- Porter, M. E. (1998). *Clusters and the new economics of competition* (Vol. 76, No. 6, pp. 77-90). Boston: Harvard Business Review. https://biblioteca.fundacionicbc.edu.ar/images/d/de/Clusters_1.pdf
- Rodríguez Silva, J. A., abreu Lima, R., & Sales de Lima, J. P. (2023). Bioeconomía na cadeia produtiva do pescado: uma revisão integrativa. *Revista Valore*, 8, 8044. <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/742>
- Van der Heyden, D., & Camacho, P. (2004). *Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas*. Bogotá: SNV.
- Vázquez-González, I., García-Suárez, E., Ruiz-Escudero, F., Caymmi Vilela-Ferreira, G., & García-Arias, A. I. (2022). Construcción de un índice de sostenibilidad para las ganaderías de bovino lechero en Cantabria. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 22(2), 117-149. <https://ageconsearch.umn.edu/record/336041/>
- Vinci, M., Hernández, A., Pacheco Fernández, M., Landa Saá, Y., Mireles Torres, M., Anaya Cruz, B., & Fernández Martínez, M. A. (2014). *Hacia una gestión con enfoque de cadenas. Conceptos básicos e instrucciones para el diagnóstico*. AGROCADENAS.