



INDICADORES PARA POTENCIAR LA SUSTENTABILIDAD DE PREDIOS AGRÍCOLAS: ESTUDIO DE CASO PARA CAFÉ DIFERENCIADO

**INDICATORS TO ENHANCE THE SUSTAINABILITY OF AGRICULTURAL PROPERTIES: CASE STUDY FOR
DIFFERENTIATED COFFEE**

Riaño Luna Campo Elías ¹

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Riaño Calderón Nicolas David ²

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

RESUMEN

La actividad agrícola se realiza en predios independientes de carácter participativo con repercusiones regionales, nacionales e internacionales. La evaluación de estos sistemas productivos es un tema que debe abordarse integralmente. Ejemplo es la producción de café diferenciado, acción que para los pequeños y medianos cafetaleros no ha sido estudiada exhaustivamente en términos de sostenibilidad y sustentabilidad. El objetivo de la investigación fue seleccionar las variables y la pertinencia de los índices de sostenibilidad en términos técnico-productivos, económicos, sociales y ambientales, propios, para este cultivo. Para el efecto, y con el fin de empoderar al primer eslabón de esta cadena productiva y en términos de sustentabilidad, se analizaron cuatro de los marcos metodológicos propuestos internacionalmente. Fue un estudio de caso, trabajado metodológicamente e interactivamente, con enfoque de análisis multicriterio, con los cuales se seleccionaron áreas, criterios, dimensiones, escalas tipo Liker, macro indicadores e indicadores. Se evaluó cada uno de los indicadores parciales de utilidad para configurar el reporte global de sustentabilidad, para una comunidad situada en uno de los 15 ecotopo cafeteros del país. Para recolectar la información, se aplicaron encuestas con preguntas estructuradas tipo lista de chequeo para cada una de las veintinueve variables atinentes a las cuatro dimensiones y diez macro indicadores estudiados. Los resultados se analizaron a través de la aplicación de pruebas estadísticas como el análisis de varianza y de componentes principales. La varianza total explicada es mayor al 89 %. Los resultados globales de la sustentabilidad para la zona se contrastaron con un parámetro de referencia indicando que el café se puede etiquetar internacionalmente como diferenciado sin mayores ajustes.

PALABRAS CLAVE: análisis multicriterio; cadena de valor del café diferenciado; calidad holística; indicadores; indicadores estratégicos; índices de sostenibilidad; predios agrícolas.

¹ Doctor en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia de Nova Southeastern University - NSU, Florida - USA. Magister en Ciencias de la Ingeniería, Universidad de los Andes - Colombia. Ingeniero Químico, Universidad de América. Docente asociado de la ECBTI de la UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia. Integrante del Grupo de Investigación GIA-UNAD campo.riano@unad.edu.co. https://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000387762 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3226-5332>.

² Ph.D (e). Dirección Y Gestión De Proyectos, Universidad Benito Juárez. M.Sc Ing. Industrial, Universidad Javeriana. Ingeniero Industrial, Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. Integrante del Grupo de Investigación Calidad. Docente ocasional de la ECBTI de la UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia. nicolas.riano@unad.edu.co / nicolas.riano@javeriana.edu.co. https://scienti.minciencias.gov.co/cvllac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001532671 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0431-1952>.

ABSTRACT

Agricultural activity is carried out on independent, participatory properties with regional, national and international repercussions. The evaluation of these production systems is an issue that must be addressed comprehensively. An example is the production of differentiated coffee, an action that for small and medium-sized coffee growers has not been exhaustively studied in terms of sustainability and sustainability. The objective of the research was to select the variables and the relevance of the sustainability indices in technical-productive, economic, social and environmental terms, specific to this crop. For this purpose, and in order to empower the first link in this productive chain, in terms of sustainability, four of the methodological frameworks proposed internationally were analyzed. It was a case study, worked methodologically and interactively, with a multi-criteria analysis approach, with which areas, criteria, dimensions, Liker-type scales, macro indicators and indicators were selected. Each of the partial useful indicators was evaluated to configure the global sustainability report, for a community located in one of the 15 coffee ecotopes in the country. To collect the information, surveys with structured checklist-type questions were applied for each of the twenty-one variables related to the four dimensions and ten macro indicators studied. The results were analyzed through the application of statistical tests such as analysis of variance and principal components. The total explained variance is greater than 89%. The overall sustainability results for the area were contrasted with a reference parameter indicating that the coffee can be labeled internationally as differentiated without further adjustments.

KEYWORDS: agricultural properties; differentiated coffee value chain; holistic quality; indicators; multi-criteria analysis; strategic indicators; sustainability indices.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia como país agricultor presenta ventajas comparativas por las condiciones climáticas, lo que le permite ofrecer una diversidad de cafés diferenciados. El censo cafetero de 2018 reporta que son 955,091 las hectáreas cultivadas en el país con el principal producto de agroexportación, el cual genera 730000 empleos directos, en 7 macroregiones, 606 municipios y cultivado por 550000 familias cafeteras (FNCC, 2015). El sector cafetalero de Colombia registra una producción de más 14 millones de sacos de sesenta kilos en enero de 2022, de los cuales 13 millones se exportaron. La agroindustria cafetera representó el 15% del PBI agropecuario en el 2021, aporta el 1 % al producto del producto interno bruto agrícola del país, apetecido en el mercado de las materias primas y como producto terminado; por su calidad organoléptica y funcionalidad industrial. Su consumo implica aspectos significativos para el crecimiento, sostenimiento y fortalecimiento de la agroindustria cafetera colombiana (FTI, 2016). La FNCC y CENICAFE son los veedores de que su cultivo, cosecha, beneficio y comercialización se realice siguiendo buenas prácticas agrícolas _ BPA, de manufactura _ BPM y de comercialización (SCA, 2008; Weese, 2008).

Particularmente, para varios autores (SCA, 2015; FTI, 2016; Curran et al., 2020) el café diferenciado es un café especial, por su origen, la forma de cultivo, la preparación y el respeto por los pilares de la sostenibilidad para su producción y comercializado con cuatro etiquetas específicas como se observa en la Tabla 1 del artículo y Tabla 8 del documento.

Tabla 8. Mercado de cafés diferenciados en los Estados Unidos de América

TIPO DE CAFÉ	EN EL MERCADO (%)
Origen	30
Saborizados	40
Orgánicos	5
Alta torrefacción	15
Descafeinados	10

Fuente: Los autores con datos provenientes de la FNCC (2015) y la SCAA (2015)

Para el caso colombiano es pertinente definirlos como:

Cafés de origen: Los provenientes de un país, región o finca, con un sinnúmero de cualidades únicas, debido a que crecen en sitios especiales y que son vendidos al consumidor final sin ser mezclados con cafés de otras calidades o con cafés de otros orígenes.

Cafés saborizados: Aquellos que durante o después de su proceso de torrefacción se les incorpora aromatizantes con sabor a vainilla, chocolate, fresa, nuez y amaretto, entre otros.

Cafés de alta torrefacción: Los que son torrefactados a un grado de torrefacción superior al tradicional y están destinados a la preparación de cafés expresos y capuchinos. No necesariamente utilizan cafés de un solo origen, sino que pueden ser mezclas.

Cafés descafeinados: Como su nombre lo indica, por su origen, la forma de cultivo, la preparación y la sostenibilidad en su producción, además es obtenido por métodos tradicionales y comercializado con etiquetas específicas. En conclusión, son aquellos que se someten a un proceso unitario para extraer la cafeína que contiene el grano verde.

Cafés orgánicos: Son cafés cultivados sin el empleo de agroquímicos como fertilizantes, fungicidas e insecticidas. Para la venta de estos cafés el caficultor debe tener una certificación emitida por una entidad certificadora orgánica con reconocimiento mundial; por tal motivo, las plantaciones que se destinen para tal fin deben someterse a un proceso de desintoxicación o transición, el cual oscila entre 2 y 3 años antes de ser certificados y vendidos como cafés orgánicamente cultivados. Igualmente, a esta clasificación pertenecen los Fair Trade International, definidos acorde con los criterios del Comercio Justo para las Organizaciones de Pequeños Productores (Lewis & Runsten, 2008; SCAA, 2015; FTI, 2016; Curran et al., 2020).

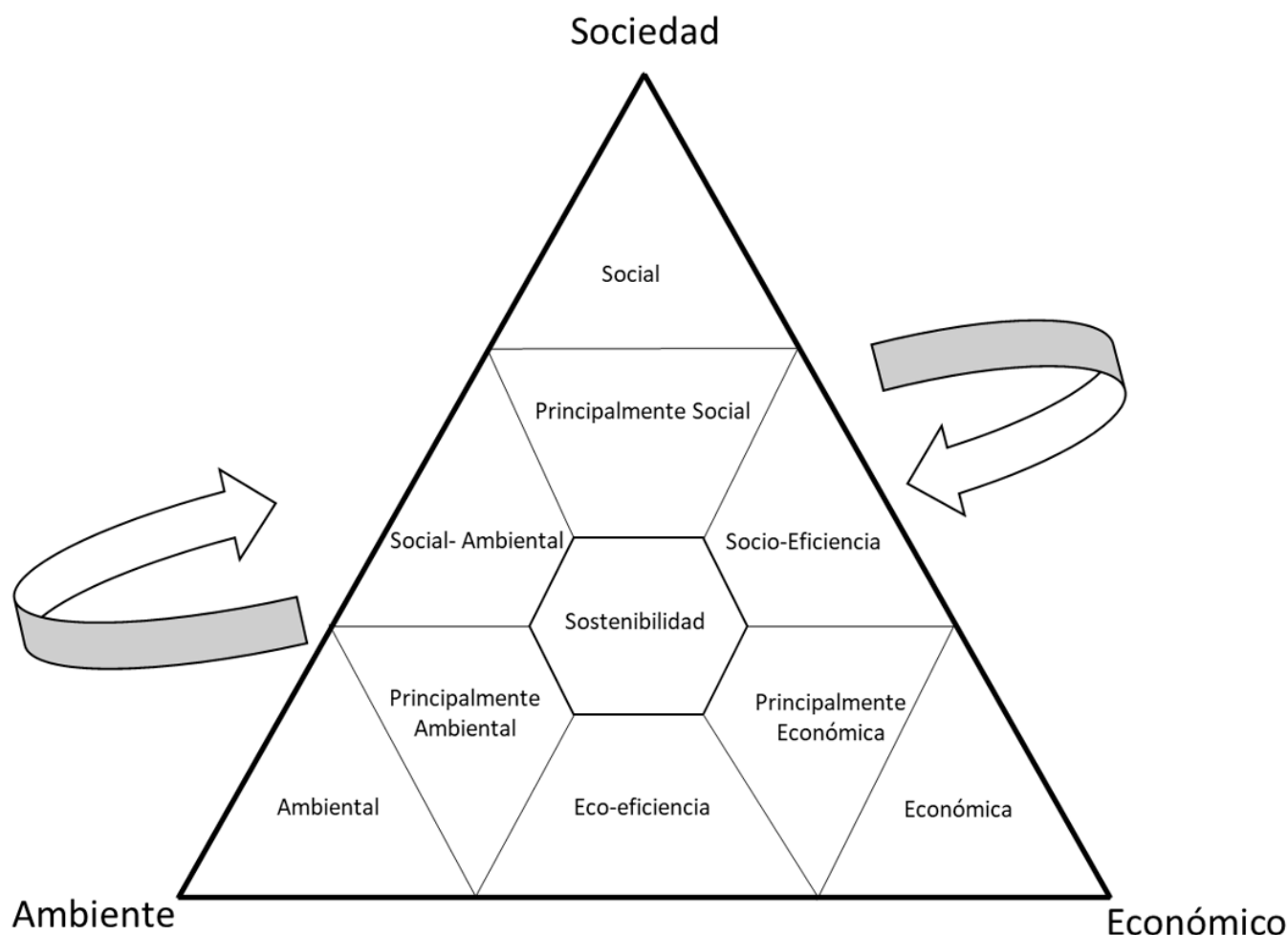
El mercado del café diferenciado es del 13,59% del total producido en el país, se espera que la producción se incremente por los precios alcanzados en el mercado internacional. Las definiciones de los cafés diferenciados corroboran que estos son un ejemplo de la armonía que debe existir entre el desempeño agronómico, social y ambiental en las unidades agrícolas y el entorno (Curran et al., 2020). Son producidos respetando las bases del desarrollo sostenible, definido como, “el proceso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (el proceso que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades) (Siche, et al., 2008). Cultivados entre los 1000 y los 2100 m s.n.m., en quince ecotopos situados en diferentes regiones de la geografía colombiana (Gómez et al., 1991). Estudios sobre la generación de gas carbónico indican que los cafés diferenciados como el orgánico son más respetuosos con las tres dimensiones del desarrollo sustentable_ ambiental, social y económico, cuando se contrastan con el café de manejo tradicional (Trinh et al., 2020).

Acorde con el modelo Supply Chain Operations Reference SCORE, el primer eslabón en las cadenas de valor agrícolas son las fincas (Bustanul, 2010; Guimarães, et al., 2022), como se refleja en la tabla 9; para este caso son denominadas unidades productoras de café (UPC) en primera instancia. El éxito de su comercialización depende de la actuación en el escenario social, medio ambiental y los resultados económicos logrados, los cuales son un indicativo de la calidad integral y aceptabilidad del grano crudo en los mercados.

Gran parte de los trabajos de investigación realizados se concentran en la elaboración de metodologías apropiadas para la formulación de indicadores, los cuales tienen como función primordial ilustrar sobre un aspecto particular de una situación compleja de facetas múltiples como la agroindustria cafetera y determinar su evolución futura.

Los reportes de sostenibilidad han sido tema de estudio a nivel mundial y para diferentes cadenas productivas como el caso del café (Jaya, et al, 2013; Ho, 2018; Kassegn, 2021; Endris, 2021). Son varios los sistemas de medición internacionales, encontrando por ejemplo, que el proceso DELPHI es aplicado para evaluar la dimensión social (Mani, Agarwal & Sharma, 2014), también diferentes indicadores contruidos para grupos con intereses disimiles (Rodríguez & Ríos, 2016), igualmente los indicadores para evaluar los recursos y el medio ambiente específicamente, metodología denominada como “ Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de los recursos naturales incorporando Indicadores de Sostenibilidad”_ MESMIS (Rodríguez & Ríos, 2016) y el triple Bottom Line (TBL) los cuales indican procedimientos para la caracterización y medición de las variables atinentes a los aspectos sociales, ambientales y económicos de una empresa, cadena, sistema, servicio o producto (Sherman, 2012), el atinente al TBL se ilustra en la figura 6.

Figura 6. Dimensiones del Desarrollo sostenible según la Triple Bottom Line



Fuente: Adaptado de Egorov et al, 2012.

Tabla 9. Eslabones de la logística de la cadena de valor del café en Colombia

ESLABONES				
CENTROS DE PROVISIÓN DE MATERIAS PRIMAS	PRODUCTORES PRIMARIOS	CENTROS DE ACOPIO Y/O COMERCIALIZADORES PRIMARIOS DE CAFÉ CRUDO	COMERCIALIZADORES SECUNDARIOS DEL CAFÉ CRUDO	CLIENTES FINALES ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES
Constituidos por todos los establecimientos que proveen insumos agrícolas necesarios para la siembra, sostenimiento, la producción y comercialización del café crudo y tostado. (S)	Son todos los pequeños, medianos y grandes productores de café crudo. Actividades agrícolas. 1era etapa del control de la calidad. (S&M)	Compradores de la producción primaria y el almacenamiento del café crudo. Actividades clasificadoras. 2da etapa del control de la calidad, medios físicos y organolépticos. (S&M&D)	Agentes clasificadores de la calidad del grano y abastecer a los operadores logísticos nacionales y a los exportadores. Igualmente, a los transformadores del grano crudo en presentaciones comerciales, cafés tostados, descafeinados y solubles. 3era etapa o de transformación industrial del grano de café. (S&M&D)	Los usuarios finales de los múltiples usos y presentaciones comerciales. (S&M&D)

Fuente: los autores con información tomada de varios autores (FNCC, 2015; PRASETYA, W.; NATALIA, 1 Worku, et al, 2018; Quesada, et al, 2022)

En la dirección de los anteriores, Slaper & Hall (2011), explicitan que las medidas para cada dimensión dependen del nivel de la organización, el tipo de proyecto(s) y el alcance geográfico al que se pretenda llegar. Igualmente señalan que, para casos locales, es mejor utilizar indicadores adecuados para cada entorno, pero reflejados en la Global Reporting Initiative (GRI, 2002, 2013) o memoria de sostenibilidad, herramienta y fuente de información, de ámbito global, con amplia aceptación y valoración por tener enfoque totalmente integrado en materia de sostenibilidad y por aportar datos fidedignos (Olcese, 2008; Balaguer & Caballero, 2012).

En Colombia el ICONTEC (2006), estipula que “La elaboración de una memoria de sostenibilidad comprende la medición, divulgación y rendición de cuentas frente a grupos de interés internos y externos en relación con el desempeño de la organización con respecto al objetivo del desarrollo sostenible”. Concepto en consonancia con las disposiciones internacionales (Traxler et al., 2023; Hemphill, 2013).

Slaper & Hall (2011), explican que las medidas para cada dimensión dependen del nivel de la organización, el tipo de proyecto(s) y el alcance geográfico. Igualmente señalan que, para casos locales, es mejor utilizar indicadores adecuados para cada entorno. Pero siempre y cuando estén alineados con los conceptos de la GRI, la cual pretende reflejar cómo una organización contribuye con la mejora de las condiciones, los avances y las tendencias económicas, ambientales y sociales en los ámbitos de influencia, bien sea local, regional o internacional (GRI, 2002b).

Aunque la actividad agrícola cafetera se realiza en predios independientes menores a las cinco hectáreas, los reportes de sustentabilidad no son una práctica estándar. Este hecho impide que el posicionamiento del producto en los mercados con las repercusiones regionales, nacionales e internacionales si de ingresos se trata, lo cual no es un caso particular en Colombia.

La valoración de los productos agrícolas es directamente proporcional a los resultados de la evaluación por las entidades certificadoras (sostenibilidad) expresada en términos económicos, sociales y ambientales.

En consecuencia, la evaluación de los sistemas productivos es un tema que debe abordarse holísticamente para garantizar su permanencia en el mercado y al aporte al producto interno bruto del país. Esto implica un estudio del eslabón primario para corroborar si todas las unidades productoras de café de una región específica conformada por pequeños y medianos cafetaleros puede ser catalogada como productora de café diferenciado (UPCD) en términos de sostenibilidad y/o sustentabilidad.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la estrategia para analizar los características particulares y globales de un eslabón sustentable en la cadena de valor del café diferenciado?

Para el efecto se parametrizaron las herramientas para evaluar la gestión procedimental y sustentable en la cadena de valor del café diferenciado. Lo cual implicó la selección de las variables, las escalas de medición y la pertinencia de los índices de sostenibilidad en términos técnico-productivos, económicos, sociales y ambientales propios, para el cultivo de cafés diferenciados de una zona cafetera.

Razón por la cual, el presente trabajo se fundamentó en publicaciones sobre agricultura sustentable con el propósito de analizar la estructura y pertinencia de los métodos multivariados como herramienta para fortalecer la sustentabilidad de UPC de una vereda situada en un ecotopo cafetero. Las investigaciones y normatividades comerciales sobre el sector concluyen que, independiente de los principios federativos y cooperativos las UPC, deben seguir individualmente los principios de la administración empresarial para conocer la rentabilidad de su inversión, la cual está relacionada con la competitividad y permanencia en el sector conducentes a la sustentabilidad de los procesos y predios productores.

2. MÉTODO

Se siguió el método científico mixto con análisis inductivo explicativo, porque las conclusiones se basan en datos particulares de las UPC. Además, fue explicativo y observacional, porque se partió de la revisión documental y los conocimientos de los participantes sobre la temática para obtener información atinente a la sostenibilidad de pequeños predios cafeteros.

2.1. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Las variables a estudiar fueron de índole económico, social y ecológico, seleccionadas por expertos en la temática cafetera siguiendo la metodología DELPHI (Saaty et al, 2012).

Se seleccionaron, complementaron, convalidaron y aplicaron herramientas - encuestas de forma digital y/o en físico, a la comunidad agrícola de las distintas UPC de la zona en estudio.

2.1.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

El muestreo fue no probabilístico por consideraciones de accesibilidad, el tiempo de establecimiento de los cultivos y por la facilidad de la logística e interés veredal en el estudio.

Para el efecto se trabajó con 5 unidades productoras de café que siguen las orientaciones de CENICAFE.

2.1.2. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Las UPC son heterogéneas en su forma de producción agrícola, en la manera de emplear los recursos naturales renovables, en su articulación con el mercado y en su derrotero operativo; por ende, las variables a analizar son cualitativas y cuantitativas (Hernández, et al, 2014).

Una de las premisas fundamentales de los Métodos de Decisión Multicriterio (MCDM) es analizar la diversidad de variables que se deben integrar en un proceso de diseño, implementación, operación y evaluación como los agroindustriales (Byomkesh et al., 2017).

Los datos se recolectaron a través de una encuesta estructurada con preguntas atinentes a las 21 variables seleccionadas teniendo como referente lo propuesto por los métodos MESMIS, TBL e investigadores sobre la temática, siguiendo el método DELPHI (Bolger y Wright, 2012), en consonancia con trabajos que tienen como referente principal a Sarandon (2008), evidenciado en la tabla 9. Igualmente, de los referentes internacionales se seleccionó una escala de evaluación ordinal de juicio

acorde con el grado de cumplimiento de las recomendaciones dadas por CENICAFE y FEDERACAFE para cada uno de los macroindicadores, variables y el procedimiento Saaty (2012), con los siguientes valores: 1 no sustentable, 2 incipientemente sustentable, 3 medianamente sustentable, 3 altamente sustentable, 4 y 5 sustentabilidad ideal (Sarandón et al, 2002; Astier et al, 2012), tablas 9 y 10. Además, para el índice global se acordó que un valor menor a 2, indica que la UPC en evaluación no está cumpliendo con los requisitos de sustentabilidad. El instrumento fue previamente convalidado. Las respuestas fueron codificadas almacenadas en Excel y/o cargadas en el software INFOSTAT para su análisis.

Las dimensiones, los macro indicadores y los códigos se evidencian en las tablas 10 y 11; igualmente las columnas para calificar las variables en cada una de las UPC en estudio.

Tabla 10. Presentación e integración de los indicadores para las tres dimensiones de sustentabilidad estudiadas

DIMENSIÓN	MACRO INDICADOR	VARIABLE	CÓDIGO	UPC VEREDAS ECOTOPO COLOMBIANO				
				UPC 1	UPC 2	UPC 3	UPC 4	UPC 5
Social	Integración social	Participación en acciones comunales	S1					
		Participación en acciones de extensión	S2					
	Satisfacción de las necesidades básicas	Acceso a la salud y cobertura	S3					
		Centros de servicio	S4					
Ambiental	Recurso hídrico_ agua	Fuente natural	A1					
		Acueducto	A2					
	Manejo ambiental	Cobertura vegetal	A3					
		Diversificación de cultivos	A4					
		Riesgo de erosión	A5					
	Manejo de la biodiversidad	Biodiversidad vegetal	A6					
		Zonas de conservación	A7					
Económico	Densidad de siembra	Aprovechamiento de la superficie	E1					
	Rentabilidad de la UPC	Productividad	E2					
		Calidad física del producto	E3					
		Respuesta al ataque de plagas	E4					
	Ingreso mensual	Ventas de café	E5					
		Ingresos adicionales	E6					
	Riesgo económico	Dependencia de insumos externos	E7					
Técnicos	Medios de producción	Equipamiento	T1					
		Antigüedad de los equipos	T2					
		Procesos de BPM y BPA	T3					

Fuente: Los autores adaptación de la metodología de Sarandón (2002)

Tabla 11. Escala de valorización del nivel de sustentabilidad

NIVEL DE ÍNDICE DE SUSTENTABILIDAD	REPRESENTACIÓN	VALOR DE SUSTENTABILIDAD
Sustentabilidad ideal	SI	5
Altamente sustentable	SR	4
Medianamente sustentable	HS	3
Incipientemente sustentable	MS	2
No sustentable	NS	1

Tomado de trabajos de varios autores (Masera & López Ridaura 2000; Arnes & Ambrosna, 2018).

2.1.3. PROCEDIMIENTO

El cálculo de los indicadores se realizó siguiendo la metodología propuesta por Sarandon (2003-b; Sarandón & Flores, 2009), formulas y criterios propuestos y convalidadas en varios referentes (Contreras & Pacheco, 2008) pero adaptadas a las UPC en estudio, ecuaciones EC1 a EC5, reportados en la tabla 12.

Seguidamente, se calcularon los indicadores agrupados en sus respectivas dimensiones de sostenibilidad, y luego se promediaron generando los índices de: sustentabilidad social (ISC); índice de sustentabilidad económica (ISE); el índice técnico (ITP) y el índice de sustentabilidad ecológica o ambiental (ISA), por UPC y se compararon con el referente de CENICAFE tomado como referente internacional.

Además, los expertos y propietarios de las UPC en estudio, concertadamente y siguiendo métodos multivariados, identificaron y analizaron los puntos críticos y los indicadores relevantes para dar respuesta a la pregunta de investigación, atinente a uno de los aspectos de la calidad holística y la clasificación de los cafés como diferenciados acorde con los postulados de la sustentabilidad (Astier, 2012; SCA. 2015; Talukder, et al, 2017).

Tabla 12. Fórmulas para el cálculo de indicadores e índice de sustentabilidad para UPC de un ecotopo cafetero

ECUACION	INDICADOR	FORMULAS
E.C. 1.	INDICADOR ECONÓMICO (ISE)	$= \{E1 + (E2 + E3 + E4) / 3 + (E5 + E6) / 2 + E7\} / 4$
E.C. 2.	INDICADOR AMBIENTAL (ISA)	$= \{(A1 + A2) / 2 + (A3 + A4 + A5) / 3 + (A6 + A7) / 2\} / 3$
E.C. 3.	INDICADOR SOCIAL (ISC)	$= \{(S1 + S2) / 2 + (S3 + S4) / 2\} / 2$
E.C. 4.	INDICADOR TÉCNICO PRODUCTIVO (ITP)	$= \{(T1 + T2 + T3) / 3\}$
E.C. 5.	INDICE GLOBAL DE SUSTENTABILIDAD IGS	$= \{IK + IA + ISC + ITP\} / 3$

Elaborada siguiendo los trabajos de Sarandon (2003-b; SARANDÓN y FLORES, 2009).

Los resultados de los cálculos para cada una de las cuatro dimensiones de las UPC consideradas como estudio de caso se presentan en gráficos de frecuencia, de polígonos y biplot.

3. RESULTADOS

Confeccionada y validada la metodología por el panel de expertos, se procedió a determinar la pertinencia de ofrecer un café producido en finca familiar con la etiqueta de sustentabilidad.

El coeficiente de concordancia de Kendall para el juicio de expertos fue mayor a 0,7, el análisis de fiabilidad, coeficiente Alfa de Cronbach dio un valor de 0,722 (Linstone, et al., 2002). Por lo tanto, el grupo de expertos estuvo bien conformado, los conceptos emitidos son confiables y válidos, igualmente la encuesta, el cuestionario y la lista de chequeo, fueron herramientas aplicadas en cada una de las UPC en estudio. Con los datos obtenidos, para cada área, criterio, subcriterio y para cada variable se calcularon los índices y los indicadores para analizar la sostenibilidad (Sarandon, 2003-b; Sarandón & Flores, 2009), tabla 13. Como criterio de análisis se toma que un coeficiente menor a 2 indica la no sustentabilidad del indicador.

Los indicadores se agruparon en sus respectivas dimensiones de sostenibilidad, luego de esto se promediaron creando el índice de sustentabilidad social (ISC); índice de sustentabilidad económica (ISE); el índice de sustentabilidad técnica (ITP) y el índice de sustentabilidad ambiental ecológico (ISA) por productor.

Tabla 13. Indicadores sostenibles para cinco UPC de café en 1 vereda de un ecotopo cafetero

	INDICE SOCIAL	IND AMBIENTAL	INDICE ECONÓMICO	INDICE TÉCNICO	IND GLOBAL	SUSTENTABILIDAD
UPC 1	2	2,83	2,415	2,415	2,415	Incipientemente sustentable
UPC 2	2,5	2,83	2,665	2,665	2,665	Medianamente Sustentable
UPC 3	2,5	2,94	2,72	2,72	2,72	Medianamente Sustentable
UPC 4	2,25	2,74	2,495	2,495	2,495	Medianamente Sustentable
UPC 5	3,25	3	3,125	3,125	3,125	Altamente Sustentable
UPC ref	5	5	5	5	5	Ideal

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los cálculos estadísticos indican que el 100% de las UPC son ambientalmente sustentables (Indicador Ambiental (IA) mayor a dos), y cercanos al valor altamente sustentable. Debido al control racional de malezas para evitar la pérdida de agroquímicos y el control de plagas (broca, trozador y otros) y los habitantes de las UPC atienden solo pequeñas huertas familiares para diversificar la canasta familiar. Igualmente acatan las políticas de conservación de suelo, uso de barreras vivas (cedro cafetero, baluy, naranjas, guandul) y muertas (cercas) como delimitantes de los predios y del área de cultivo.

En resumen, las UPC, en el entorno en estudio, no presentan falencias en el manejo ambiental debido al manejo preventivo con miras a preservar la calidad física de la cosecha. En concreto, en este entorno no hay interés por la diversificación de cultivos y prefieren el sostenimiento de aves de corral, semovientes (vaca lechera y acémilas) para reforzar la alimentación y por temas de carga de insumos agrícolas y producto cosechado. Figura 7.

En cuanto a la dimensión económica, se resalta que este indicador es mayor a dos para todas las UPC, son sustentables con tendencia a catalogarse como altamente sustentables. Se resalta que los indicadores tienen un valor cercano a tres. Por las variables densidad de siembra, ingreso mensual, baja independencia de insumos y calidad física del café.

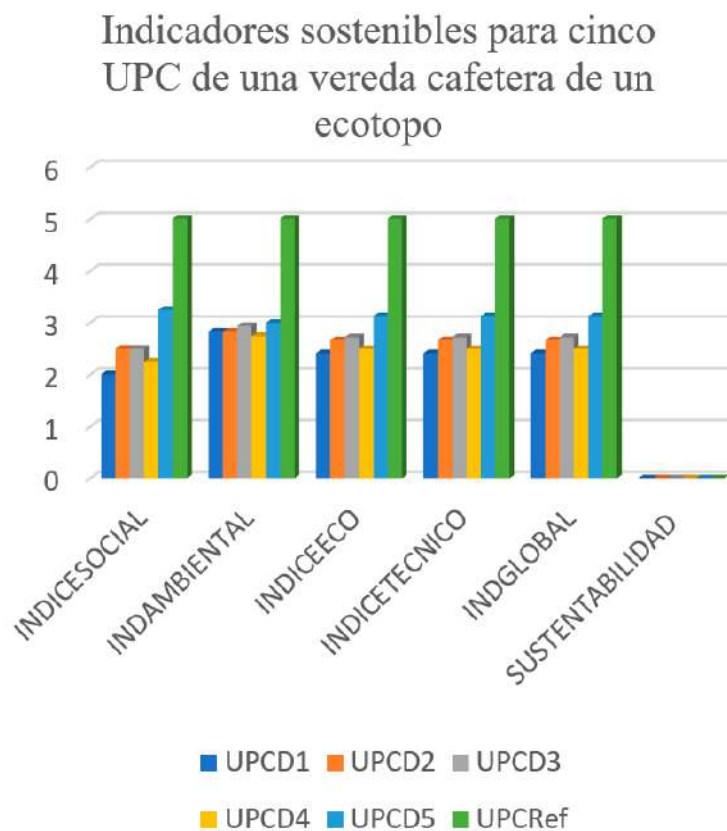
Referente a la dimensión social, el índice es superior debido a que el acceso a la educación, a los centros de salud, la cobertura y la participación en los comités veredales, las juntas de acción comunal y las capacitaciones de extensión que la FNCC realiza constantemente atinentes a la productividad, al desarrollo social y económico, hacen que esta dimensión sea considerada como sustentable.

Respecto a la dimensión técnica, el equipamiento de descerezado con proceso ecológico, de modelo reciente y las buenas prácticas agrícolas y de manufactura, indican que esta dimensión es sustentable.

Sobre los puntos críticos de sustentabilidad, se encontró que cada una de las áreas estudiadas presentan incongruencias en su manejo agroeconómico, social y técnico, ocasionando limitaciones en el equilibrio de las dimensiones; para el efecto se denominan como puntos críticos en otros cultivos (Mazabel et al., 2010), los cuales deben ser atendidos y ser sujetos de correctivos pertinentes para acercarse a los valores e índices óptimos. Estos se reportan en porcentajes y se refieren a la ineficacia que tiene el sistema para potenciarse sin alterar su funcionamiento, conservando los recursos naturales, la productividad y las relaciones sociales (Zamar et al., 2020). Se reportan como la diferencia entre el valor ideal (5) del índice global y el valor real obtenido entre más amplia esta, más crítica es el área al cual representa el indicador (Sarandón, et al., 2012; Flores et al., 2015).

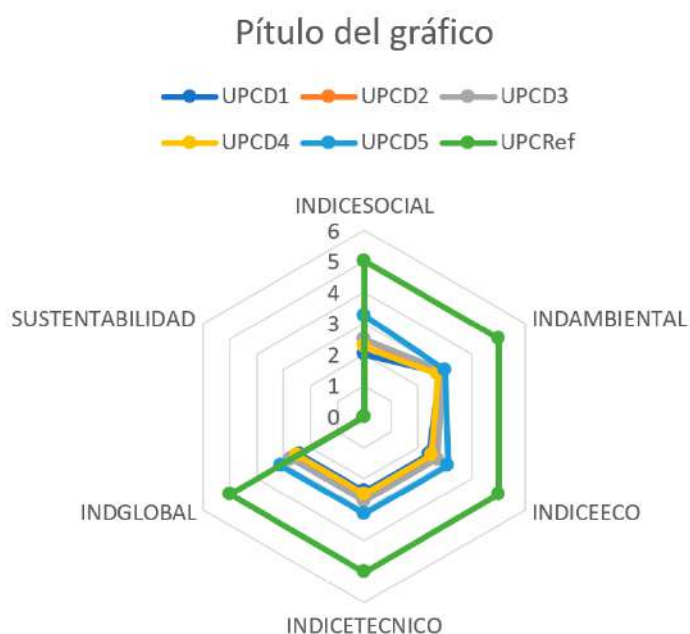
La figura 7, suministra una descripción de los niveles de la sustentabilidad de las cuatro dimensiones evaluadas en las UPC analizadas.

Figura 7. Representación de los índices globales por dimensión y por UPC



La figura 8 de radar se brinda información general de los niveles de los índices de sustentabilidad evaluados en el rango de 1 a 5, para las cuatro dimensiones, la diferencia entre el referente y el particular para cada UPC es el punto crítico para mejorar.

Figura 8. Evaluación de la sustentabilidad y puntos críticos por dimensión de la sustentabilidad para UPC de una vereda de un ecotopo



El tratamiento estadístico de los datos obtenidos aplicando la técnica de análisis de componentes principales (PCA), analizó las relaciones existentes entre las variables propuestas, sin tener en cuenta estructuras entre estas y los predios en estudio como lo recomiendan varios autores.

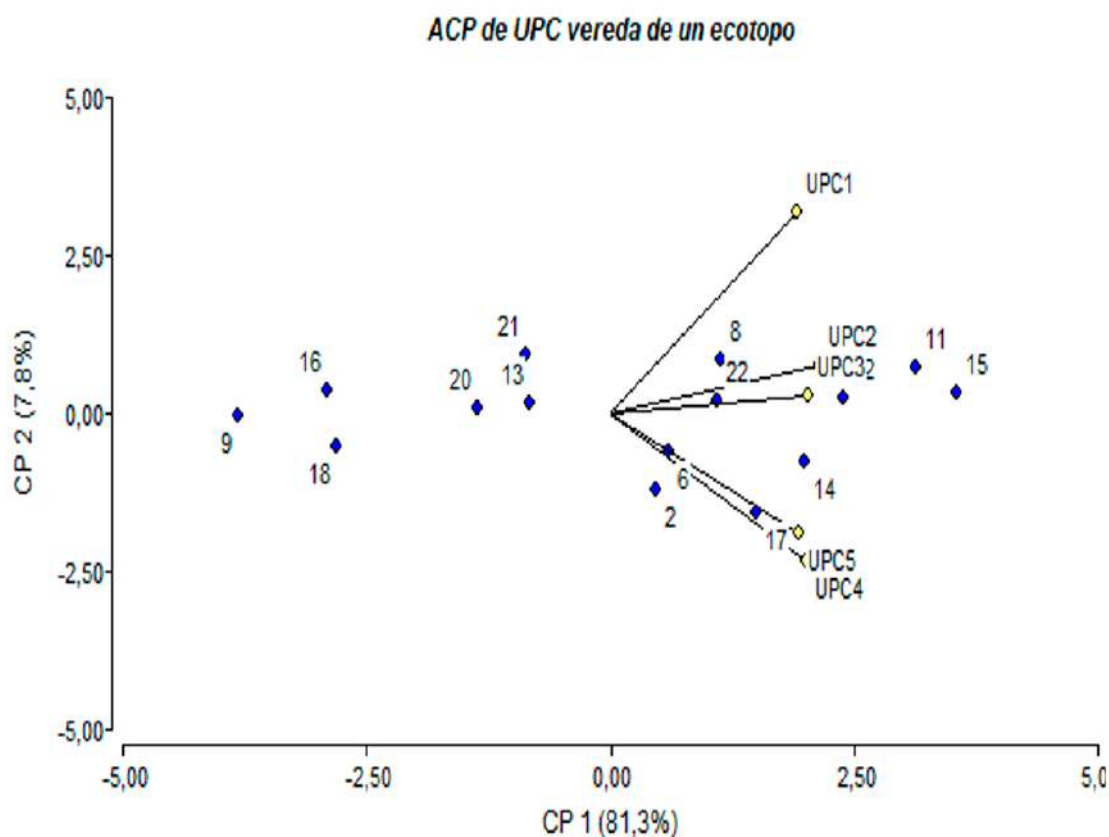
En la tabla 14 se evidencia que los dos primeros componentes tienen varianzas acumuladas (autovalores) mayores al 1% y entre los dos asocian el 89 %.

Tabla 14. Resumen de los valores propios y proporción de la varianza explicada calculada a partir de la matriz de correlación

COMPONENTES	VALORES PROPIOS	% VARIANZA ACUMULADA
1	4,07	0,81
2	0,39	0,89
3	0,33	0,96

Mediante el análisis de componentes principales se relaciona la intervención de las variables de los cuatro con los índices sustentables comerciales de un café especial, la varianza total explicada es mayor al 89 %.

Figura 9. Representación bivariado de los índices asociados a los dos primeros componentes y su relación entre ellos



Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron realizar una primera evaluación de la sustentabilidad de UPC en 1ª vereda situada en uno de los ecotopos cafeteros específicos de un departamento colombiano, con el fin de verificar si esta técnica garantiza la clasificación del conjunto de predios como productores de café diferenciado y, a futuro, orientar las acciones pertinentes con el fin de mejorar o sustentar los indicadores que sean adversos en las UPCD. Identificamos 21 variables que aportan información a las cuatro dimensiones analizadas.

Los resultados globales de la sustentabilidad para la zona se contrastaron con un parámetro de referencia indicando que el café se puede etiquetar internacionalmente como diferenciado sin mayores ajustes en consonancia con varios investigadores (Carvalho et al., 2016; Chen et al., 2020; Contreras et al., 2020).

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Pontificia Universidad Javeriana y a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, a la Federación Nacional Cafeteros de Colombia por la asesoría suministrada. Y de manera especial a propietarios de los predios y a los profesionales expertos que participaron desinteresadamente en el proyecto PIE__ ECBTIPIE 092020_ Diagnóstico y caracterización de la calidad en la cadena productiva del café: Modelo econométrico.



REFERENCIAS

- Arnés, E., Díaz-Ambrona, C. G., Marín-González, O., & Astier, M. (2018). Farmer Field Schools (FFSs): A tool empowering sustainability and food security in peasant farming systems in the Nicaraguan Highlands. *Sustainability*, 10(9), 3020.
- Astier, M., García-Barrios, L., Galván-Miyoshi, Y., González-Esquivel, C. E., & Masera, O. R. (2012). Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). *Ecology and society*, 17(3).
- Balaguer, A. & Caballero, I. (2012). NTP 648: Responsabilidad social de las empresas. Modelo GRI (Global Reporting Initiative). Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Disponible en: https://oiss.org/wp-content/uploads/2018/11/5-ntp_648-Responsabilidad_social_de_las_empresa_Mod.pdf
- Bolger and G. Wright. (2007). "Expertise and Decision Support". Springer Science & Business Media. pp. 168-176. New York, Estados Unidos. ISBN: 0-306-43862-3.
- Bustanul, A. (2010). Global Sustainability Regulation and Coffee Supply Chains in Lampung Province, Indonesia. *Asian Journal of Agriculture and Development*, Vol. 7 (2).
- Byomkesh, T., Hipel, K. W., & van Loon, G. W. (2017). Developing Composite Indicators for Agricultural Sustainability Assessment: Effect of Normalization and Aggregation Techniques. *Resources* 2017-6, (66).
- Carvalho, J. M., Paiva, E. L., & Vieira, L. M. (2016). Quality attributes of a high specification product: Evidences from the speciality coffee business. *British Food Journal*, 118(1), 132-149.
- Chen, M. F. (2020). The impacts of perceived moral obligation and sustainability self - identity on sustainability development: A theory of planned behavior purchase intention model of sustainability - labeled coffee and the moderating effect of climate change skepticism. *Business Strategy and the Environment*, 29(6), 2404-2417.
- Contreras, E., & Pacheco, J. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Santiago de Chile: ILPES.
- Contreras-Medina, D. I., Contreras-Medina, L. M., Pardo-Núñez, J., Olvera-Vargas, L. A., & Rodríguez-Peralta, C. M. (2020). Roadmapping as a driver for knowledge creation: a proposal for improving sustainable practices in the coffee supply chain from Chiapas, Mexico, using emerging technologies. *Sustainability*, 12(14), 5817.
- Curran, M., Lazzarini, G., Baumgart, L., Gabel, V., Blockeel, J., Eppe, R., Stolze, M., & Schader, C. (2020). Representative Farm-Based Sustainability Assessment of the Organic Sector in Switzerland Using the SMART-Farm Tool. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.554362>.
- Egorov, L., Elost, H., Kudla, N. L., Shan, S., & Yang, K. K. (2012). Sustainable seabed mining: guidelines and a new concept for Atlantis II Deep (Vol. 4). University of Southampton.
- Fair Trade International (FTI). (2016). *Criterios de Comercio Justo Fair Trade para Organizaciones de Pequeños Productores*.



REFERENCIAS

- **FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA (FNCC).** *Comportamiento de la Industria Cafetera Colombiana.* Bogotá, Colombia.: Federación Nacional de Cafeteros. 2015. https://federaciondefcafeteros.org/static/files/Informe_Comportamiento_de_la_Industria_2015.pdf
- Flores, C. & Sarandón, S. (2015). *Evaluación de la sustentabilidad de un proceso de transición agroecológica en sistemas de producción hortícolas familiares del Partido de La Plata, Buenos Aires, Argentina.* *Rev. Fac. Agron. La Plata.* 114 (1), 52-66.
- Global Reporting Initiative. (2013a). *G4 - Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad - Parte 2.* Amsterdam: Global Reporting Initiative. Recuperado 10/7/2014 de: <http://www.globalreporting.org/resourcelibrary/Spanish-G4-Part-Two-pdf>
- Global Reporting Initiative, GRI (2002b). *Sustainability reporting Guidelines 2002 on Economic and Social Performance.* Global Reporting Initiative, Boston, USA. <http://www.globalreporting.org> (2004)
- Gómez, L., Caballero, A., & Baldión, J. (1991). *Ecotopos cafeteros de Colombia.* Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 131.
- Guimarães, Y. M., Eustachio, J. H. P. P., Leal Filho, W., Martinez, L. F., do Valle, M. R., & Caldana, A. C. F. (2022). *Drivers and barriers in sustainable supply chains: The case of the Brazilian coffee industry.* *Sustainable Production and Consumption*, 34, 42-54.
- Hemphill, T. (2013). *The ISO 26000 guidance on social responsibility international standard: ¿what are the business governance implications?* *Corporate Governance: The international journal of business in society*, 13(3), 305-317.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386).* México: McGraw-Hill Interamericana.
- Ho, T. Q., Hoang, V. N., Wilson, C., & Nguyen, T. T. (2018). *Eco-efficiency analysis of sustainability-certified coffee production in Vietnam.* *Journal of cleaner production*, 183, 251-260.
- Jaya, R., et al. (2013). *Sustainability Analysis for Gayo Coffee supply Chain.* *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 3 (2): 24 - 28.
- Kassegn, A., & Endris, E. (2021). *Review on socio-economic impacts of 'Triple Threats' of COVID-19, desert locusts, and floods in East Africa: Evidence from Ethiopia.* *Cogent Social Sciences*, 7(1), 1885122.
- Lewis, J., & Runsten, D. (2013). *Is Fair Trade-organic coffee sustainable in the face of migration? Evidence from a Oaxacan Community.* In *The Global Governance of Food* (pp. 165-179). Routledge.
- Linstone, H. A., y Turoff, M. (Eds.). (2002). *The Delphi Method.* Boston: Addison-Wesley Pub.
- Mani, V., Agrawal, R., & Sharma, V. (2014). *Supplier selection using social sustainability: AHP based approach in India.* *International Strategic Management Review*, 2(2), 98-112.
- Masera, O., Astier M, & López-Ridaura. (2000). *Sustentabilidad y Manejo de Recursos Naturales: el marco de evaluación MESMIS.* Mundi-Prensa, GIRA, UNAM.
- Mazabel, D., Romero, M. y Hurtado, M. (2010). *La evaluación social de la sustentabilidad en la agricultura de riego.* *Ra Ximhai* 6(2): 199-219. DOI <https://doi.org/10.35197/rx.06.02.2010.04.dm>
- Quesada, A.; Quirós, L.; Zamora, J. C. (2022) *Interactions between Geomorphology and Production Chain of High-Quality Coffee in Costa Rica.* *Sustainability.* Vol. 14(9). p, 52-65. <https://doi.org/10.3390/su14095265>



REFERENCIAS

- Rodríguez, Guerra, L. C., & Ríos-Osorio, L. A. (2016). Evaluación de sostenibilidad con metodología GRI. *Dimensión empresarial*, 14(2), 73-89.
- Saaty, Thomas L.; Vargas, Luis G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer Science & Business Media.
- Sarandón, S. (2002). El desarrollo y usos de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agros ecosistemas. *Agroecología* 2(1): 393-414. [Links]
- Sarandón, S. y Flores, C. (2009). Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología* 8(1): 19-28.
- Sarandón, S. (2003-b). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: Sarandón, S. (ed.). *Agroecología: el camino hacia la agricultura sustentable*. (164- 180). La plata. Ediciones Americanas.
- Sherman, W. R. (2012). The Triple Bottom Line: The Reporting Of Doing Well & Doing Good. *Journal of Applied Business Research (JABR)*, 28(4), 673–682. <https://doi.org/10.19030/jabr.v28i4.7051>
- Siche, J. R., Agostinho, F., Ortega, E., & Romeiro, A. (2008). Sustainability of nations by indices: Comparative study between environmental sustainability index, ecological footprint and the emergy performance indices. *Ecological economics*, 66(4), 628-637.
- Specialty Coffee Association (SCA). (2008). *Protocols & Best Practices*. El instituto. <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices?page=resources&d=cupping-protocols>
- Specialty Coffee Association (SCA). (2015). *Protocols & Best Practices*. El instituto. <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices?page=resources&d=cupping-protocols>
- Talukder, B., Blay-Palmer, A., & Hipel, K. W. (2020). Towards complexity of agricultural sustainability assessment: Main issues and concerns. *Environmental and Sustainability Indicators*, 6, 100038.
- Traxler, A. A., Greiling, D., Freinbichler, M., & Mayerhofer, P. (2023). Does the Directive of the European Union on disclosure of non-financial and diversity information improve reporting? *Journal of Accounting & Organizational Change*, 19(6), 70-90.
- Trinh, L. T. K. et al. (2020). Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), pp. 1307-1324. DOI: 10.1007/s13762-019-02539-5.
- Weese, S. B. (2008). International coffee regulation: A comparison of the International Coffee Organization and the fair trade coffee regimes. *Cardozo Pub. L. Pol'y & Ethics J.*, 7, 275.
- Worku, M.; De Meulenaer, B.; Duchateau, L.; Boeckx, P. (2018). Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. *Food Research International*. Vol. 105: 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>
- Zamar, J. L.; Arborno, V.M.; Re, G.E.; Revelli, C.S.; Rojas, M.A. (2020). Indicadores de sustentabilidad en diferentes agroecosistemas productivos en la región central de Córdoba, Argentina. *Agrárias: Pesquisa e Inovação nas Ciências que Alimentam o Mundo*. V. III Capítulo 14.