

Análisis econométrico y estadístico del modelo de evaluación de sostenibilidad de PYMES cacaoteras en Ecuador

Econometric and statistical analysis of the sustainability assessment model for cocoa SMES in Ecuador

Karina Alexandra Plua Panta*

kplua@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3738-3749>

José Armando Estrada Hernández*

estradaja1962@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3950-6984>

Mariana Del Roció Reyes Bermeo*

<https://orcid.org/0000-0001-5100-2098>

Harold Elvery Escobar Terán*

<https://orcid.org/0000-0001-9165-6627>

Ing. Inés Elizabeth Tenelema Jiménez*

<https://orcid.org/0009-0007-0836-7965>

* Universidad Técnica Estatal de Quevedo – Ecuador

Recibido: 08/09/2023 - Aceptado: 18/12/2023.

Correspondencia: kplua@uteq.edu.ec

Resumen

En la actualidad se destaca la importancia de la sostenibilidad empresarial aún más en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) que constituyen un componente fundamental, dinámico e integrador de la estructura productiva de un país. La investigación tuvo como objetivo un análisis del modelo de sistema de indicadores para evaluar la sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador y sus interrelaciones. Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo y alcance descriptivo y causal, considerando 18 criterios y 32 indicadores que conforman el modelo. Se utilizó la técnica estadística de análisis de componentes principales para probar dicha investigación. Se presentan resultados lógicos que ayudan a explicar y comprender la manera en que se relacionan los criterios generados en el sistema de indicadores analizado a fin de afianzar el logro de la sostenibilidad de PYMES productoras de *Theobroma cacao* en Ecuador.

Palabras claves: *Sostenibilidad empresarial, Sistema de indicadores, Theobroma cacao.*

Abstract

*The importance of corporate sustainability is currently highlighted even more in small and medium-sized enterprises (SMEs), which are a fundamental, dynamic and integrating component of a country's productive structure. The objective of the research was to analyze the model of indicator systems to evaluate the sustainability of cocoa SMEs in Ecuador and their interrelationships. A quantitative approach study with a descriptive and causal scope was carried out, considering 18 criteria and 32 indicators that make up the model. The statistical technique of principal component analysis was used to test the research. Logical results are presented that help to explain and understand the way in which the criteria generated in the system of indicators analyzed are related in order to strengthen the achievement of sustainability of SMEs producing *Theobroma cacao* in Ecuador.*

Keywords: *Business sustainability, System of indicators, Theobroma cacao.*

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad reconoce que las organizaciones son plenamente conscientes del efecto de su comportamiento en el caso material e inmaterial de su ámbito directo e indirecto. Se trata no solo de la investigación de oportunidades y amenazas en el mercado, sino además de examinar conscientemente el efecto social, ambiental y económico que la actividad empresarial hecha está teniendo en el territorio (Sarango-Lalangui, 2018).

Según Plua et al. (2022), la sostenibilidad empresarial, parte de comprender, la importancia que revisten las empresas desde las micro a las grandes, pasando por pequeñas y medianas; como principal fuente de crecimiento y desarrollo de las naciones, son fuente de empleo e ingreso para las poblaciones, su capacidad de inversión, investigación, innovación sumada a la labor de empresarios y trabajadores por obtener beneficios les permiten ser generadoras de valor derivados del trabajo.

Si embargo medir la sostenibilidad es una labor desafiante para la que es necesario contar con instrumentos con enfoques del desarrollo sostenible, los resultados de dicha medición serán esenciales para la toma de decisiones pues, permiten definir medidas, estrategias o la formulación de políticas para lograr empresas sostenibles en el tiempo. Para esto se hace imprescindible contar con un modelo que

permitan una cuantificación y análisis objetivo de la evaluación de la sostenibilidad de las PYMES agrícola en consideración de sus características y entorno en el que se desenvuelven (Plua et al., 2022).

Los modelos existentes en la literatura y utilizados para la evaluación de la sostenibilidad empresarial están conformados por indicadores o sistemas de indicadores que proporcionan declaraciones empíricas de la sostenibilidad empresarial, los indicadores simplifican información sobre determinados fenómenos lo que permite el proceso de gestión y toma de decisiones (Plua et al., 2022).

Las herramientas de evaluación de sostenibilidad empresarial basadas en indicadores dependen de la perspectiva con qué se aborde, también están relacionados directamente con la actividad económica que tenga la empresa que se va a evaluar. Sin embargo, se concluye que dichos indicadores se definen con base en los componentes de las tres dimensiones de la sostenibilidad: económica, ambiental y social (Valencia-Rodríguez et al., 2019).

Para Inzunza (2018), un indicador puede ser definido como una expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación

entre variables, la que, comparada con períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo.

Estos indicadores generan información útil para mejorar el proceso de toma de decisiones, cuantifican los cambios o desviaciones en los objetivos fijados, se establecen en función del tipo y características de los procesos, así como del contexto en que estos se inscriben. Un sistema de indicadores es importante porque permite hacer comparaciones, elaborar juicios, analizar tendencias y predecir cambios. Es conveniente contar con varios indicadores para garantizar la exactitud de la medición, sin demeritar la síntesis de la información que conllevan (Feil, 2019).

Los indicadores a su vez conforman sistemas de indicadores de sostenibilidad que corresponden a los mecanismos que se adoptan para evaluar el nivel de desarrollo sostenible de un determinado espacio territorial o una determinada actividad económica (Cavalcanti Silva, 2016).

De acuerdo con (Plua et al., 2020), en Ecuador el desconocimiento que aún se tiene sobre estas metodologías y las oportunidades que brinda el desarrollo sostenible, se refleja en los exiguos estudios existentes sobre evaluación de sostenibilidad empresarial utilizando modelos de evaluación de sostenibilidad, Índices

o un conjunto de indicadores existentes. El mayor porcentaje de investigaciones se refiere a las prácticas de actividades de responsabilidad empresarial.

Este artículo tiene como objetivo el análisis de un conjunto de variables establecidas por Plua Panta et al. (2022), a fin de determinar cuáles de las dimensiones propuestas en el modelo de evaluación para la sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador presentan resultados lógicos que ayuden a explicar y comprender la manera en que se relacionan los criterios que conforman cada dimensión en el modelo.

MARCO TEÓRICO

Evaluación de la sostenibilidad empresarial

La sostenibilidad se ha convertido en un objetivo clave para el éxito empresarial, la búsqueda de este logro puede crear ventajas competitivas a largo plazo relacionadas con una mejor reputación de marca y una posición diferenciada de la competencia (Cardoni et al., 2020).

Medir el nivel de sostenibilidad de las empresas se convierte en una tarea compleja, debido al hecho de que estas organizaciones no tienen información y datos adecuados, así como metodología adecuada que aumente la fiabilidad de los resultados obtenidos y ayuden a determinar el nivel de sostenibilidad que tienen

las empresas por medio de indicadores o índices compuestos (da Silva Santos et al., 2019).

En la literatura existen se han propuesto varios instrumentos basados en Indicadores que tienen como objetivo medir los avances en el campo de las prácticas de sostenibilidad en empresas de diversas índoles y tamaños, .(Ahi et al., 2018; Barbei et al., 2018; da Silva Santos et al., 2019; Galeano Revert et al., 2018; Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010; Marqués, 2017; Morcillo-Bellido, 2018; Pashaei Kamali et al., 2017; Sarango et al., 2017; Tapia Bonifaz et al., 2018).

La formulación de ciertos indicadores y modelos de evaluación del desarrollo sostenible en las organizaciones, basan sus indicadores en las tres dimensiones: social, económico y ambiental; sin embargo, se pueden formular otros modelos basados en los existentes e incorporarse otras dimensiones para evaluar el desempeño de las buenas prácticas de la organización de acuerdo con las características de las empresas (Inzunza, 2018; Plua Panta et al., 2022).

Con el tiempo se reconoce la utilidad de modelos con indicadores sintéticos o compuestos para analizar y comunicar temas complejos y multidimensionales, como es el caso de la sostenibilidad. Los principios de la sostenibilidad requieren que el proceso de construcción del sistema de indicadores sea

transparente y que sus resultados sean fácilmente comunicables e interpretables para ser adoptados por los tomadores de decisiones y la comunidad no experta (Gan et al., 2017).

Estos marcos metodológicos de medición de la sostenibilidad mediante indicadores son desarrollos teóricos que plantean estructuras analíticas flexibles que sirven para fundamentar el proceso de evaluación de la sostenibilidad de una actividad, donde se incluyen las etapas de elección, diseño e interpretación de indicadores, así como la organización de datos y la comunicación de los resultados (Sánchez Fernández, 2009)

Para capturar la complejidad de la sostenibilidad, las evaluaciones de sostenibilidad a menudo requieren la integración de múltiples indicadores para formar índices compuestos. Por lo tanto, si bien el desarrollo de estos índices compuestos son una herramienta crítica para evaluar y, en última instancia, lograr la sostenibilidad, los aspectos específicos de su formulación pueden impactar radicalmente la sostenibilidad medida de un sistema (Gan et al., 2017). Un indicador multidimensional representa el grado de desarrollo sostenible de la unidad de análisis en cuestión, el desequilibrio que puede haber entre las diferentes dimensiones y, por ende, los posibles conflictos existentes (Quispe Quezada et al., 2019).

De acuerdo con lo que indica Schuschny y Soto (2009), los índices compuestos de sostenibilidad suelen ser empleados para establecer comparaciones acerca del desempeño de las unidades de análisis a partir de las cuales se calculan. Y que requiere de dos condiciones básicas, a saber: i) la definición clara del atributo que se desea medir y ii) la existencia de información confiable para poder realizar la medición.

En el tema de sostenibilidad de las PYMES cacaoeras en el ámbito ecuatoriano, el modelo propuesto por Plua Panta et al. (2022) plantea el incremento de dos dimensiones adicionales: dimensión institucional (capacidad de gestión) y una externa (apoyo del entorno local), estas se unen a las básicas generadas por la teoría de la sostenibilidad establecida por Elkington (1994) en el modelo de triple cuenta resultados (económica, social, ambiental). Cada dimensión establecida por esta autora se analiza a continuación:

Dimensión económica: Dimensión que reconoce la viabilidad de la producción; es decir, si un sistema puede sobrevivir a largo plazo en un contexto económico cambiante, provocado por la variabilidad en la salida y entrada de precios, rendimientos, apoyo público y regulaciones estatales.

Dimensión social: Esta dimensión es más relevante en las PYMES agrícolas con respecto

a otros sectores productivos, esto se debe a que esta actividad tradicionalmente conlleva diversas connotaciones sociales, que va más allá de la producción de bienes y servicios o a la creación de empleo directo. Implica la capacidad de generar progreso, innovación, desarrollo de las zonas rurales de una localidad, estado o país; el suministro de alimentos y mejora de la calidad de vida de la población de estas zonas

Dimensión ambiental: Esta dimensión en este tipo de actividades productivas exige un mayor grado de responsabilidad medioambiental de la empresa que incluye elementos como la gestión ambiental, ecoeficiencia, política ambiental, plan de minimización y control de residuos, preparación y atención a las emergencias ambientales

Dimensión capacidad de gestión: La importancia de esta dimensión es en consideración a que las PYMES surgen como emprendimientos y de lo relevante de características como el perfil del administrador, experiencia laboral, formación, dominio de estrategias gerenciales, capacidades y competencias, como una variable que incide en la supervivencia empresarial.

Dimensión apoyo del contexto local: Otro ítem de suma importancia y necesario para evaluar la sostenibilidad de las PYMES cacaoeras en Ecuador es sin duda el logro de una competitividad sistémica que consiste en que un

desarrollo empresarial exitoso no se logra por medio de factores en el nivel micro de las empresas y macro de condiciones económicas, sino que también se necesitan aplicar medidas específicas por parte del Estado nacional, gobierno regional y locales, instituciones educativas, instituciones legislativas, entre otros organismos competentes, responsables en la promulgación y aprobación de políticas públicas se articulen e interactúen en la generación de acciones que haga exitosa la implementación actividades encaminadas a fortalecer la competitividad y desarrollo de este tipo de agentes económicos (Plua Panta et al., 2022).

La mayor dificultad para la sostenibilidad es la integración de múltiples criterios en varias dimensiones, con muchos criterios en conflicto entre sí. Con el objetivo de eliminar la multicolinealidad existente y capturar la dirección de la variabilidad de los indicadores de la sostenibilidad se utiliza la técnica de componentes principales (PCA) (Vivas et al., 2019).

El análisis de componentes principales (PCA) se suele aplicar cuando se tiene por objetivo agrupar las variables en sub-indicadores. Se trata de un método creado por Pearson 1901 (Schuschny & Soto, 2009). Se trata de la técnica exploratoria basada en estadísticas con mayor aceptación en la elaboración de índices aplicada ampliamente a

todos los campos de las ciencias sociales, permite investigar la estructura de correlación entre grupos de factores involucrados. En esta técnica, los factores con la misma unidad de medida (es decir, todos los factores deben tener la misma unidad de medida) y que son colineales se agruparán. Estos grupos se utilizan como base para asignar prioridades. Las prioridades asignadas a los factores involucrados se basan en correlaciones. (Ahi et al., 2018).

La técnica de ponderación basada en el Análisis de Componentes Principales (ACP) permite definir los pesos de los indicadores a partir de las correlaciones identificadas (Sanchez Fernández, 2009).

Con la finalidad de reducir el riesgo de doble ponderación surge necesario un análisis del conjunto de variables que conforman el índice compuesto a fin de determinar, cuáles de las dimensiones propuestas presentan resultados lógicos que ayuden a explicar y comprender la manera en que se relacionan los criterios generados en el modelo (Espinosa et al., 2018; Gan et al., 2017).

Una vez obtenidos los componentes principales, mediante la observación de las cargas factoriales que los componen, se consigue una mayor interpretabilidad de las relaciones existentes entre los datos, así como la definición del grado de explicabilidad de cada variable, alcanzándose con todo ello el objetivo principal

de este tipo de análisis: resumen y la reducción de los datos en un conjunto más pequeño de variables con la menor pérdida de información posible (Sánchez Fernández, 2009)

METODOLOGÍA

Materiales y métodos

El estudio utilizó el método estadístico del análisis de los componentes principales con la finalidad de lograr la designación de los pesos de los indicadores que conforman el modelo de evaluación de sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador.

La ponderación y la suma de los elementos del índice que conforma el sistema son pasos fundamentales en cualquier evaluación de la sostenibilidad. El sistema de indicadores refleja la importancia relativa de varias cantidades en su suma refleja esencialmente la intercambiabilidad de diferentes cantidades.

El análisis de los componentes principales se desarrolló en las secciones siguientes que comprendió:

- Matriz de correlación
- Medias y distribución estándar

- Análisis de componentes (Eigenvalues y proporción)
- Análisis de componentes principales a partir de eigenvalores
- Fórmulas de componentes principales
- Mapa vectorial de factores

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación partió del análisis al modelo de sistema de indicadores para la evaluación de sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador estructurado en consideración a las particularidades y el entorno de estas PYMES (Plua et al., 2022). Herramienta útil para la evaluación de su sostenibilidad, así como un elemento determinante en la toma de decisiones y establecimiento de estrategias para la sostenibilidad de estas PYMES.

El sistema de indicadores analizado, conformado por 5 dimensiones, 18 variables y 32 indicadores que permitirán la evaluación de la sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador, tabla 1.

Tabla 1.

Sistema de Indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador.

Dimensiones de la sostenibilidad	Criterios	Indicadores	
ECONOMICA	1) Productividad	- Rendimiento de producción por hectárea	
	2) Rentabilidad	- Margen neto de utilidad	
	3) Crecimiento de la producción	- Producción real *ha (5 años)	
AMBIENTAL	4) Prácticas agroecológicas	- Cultivos en laderas	
		- Buenas prácticas agrícolas	
		- Cobertura vegetal	
		- Cercas Vivas	
	5) Agricultura orgánica	- Protección de fuentes de agua	
		- Uso de abonos Orgánicos	
SOCIAL	6) Empleo y género	- Manejo integrado de plagas y enfermedades	
		- Ingreso promedio por trabajador	
		- Mano de obra familiar	
			- Participación de la mujer en la actividad agrícola.
			- Edad de trabajadores
7) Seguridad laboral y social	- Seguridad y Salud del Trabajo		
		- Empleados asegurados	
CAPACIDAD DE GESTIÓN	8) Formación académica y conocimientos del administrador	- Escolaridad del empresario	
		- Conocimientos administrativos	
	9) Experiencia del administrador en la actividad	- Experiencia del administrador	
	10) Planificación del proceso productivo y comercial	- Planificación y registros de la gestión	
		- Canal de comercialización	
	- Calidad del producto		
11) Sistema de tecnología	- Sistema de riego		
12) Gestión de crédito	- Gestión de crédito		
APOYO CONTEXTO LOCAL	13) Filiación asociativa	- Participación en asociaciones y cooperativas	
	14) Servicios básicos	- Servicios básicos	
	15) Seguro agrícola	- Ha. de cultivos asegurados	
	16) Asistencia Técnica y transferencia de tecnología	- Instituciones de educación superior	
		- Instituciones públicas y privadas	
	17) Acceso a líneas de créditos	- Crédito financiero	
	18) Vías de acceso adecuadas	- Condiciones caminos	

Fuente: (Plua Panta et al., 2022)

Los resultados del análisis de los componentes principales del modelo de sistema de indicadores para la evaluación de la sostenibilidad de las PYMES cacaoteras en Ecuador se presentan en las secciones siguientes:

Matriz de correlación

Buscando identificar los elementos que presentan niveles de correlación relevante se encuentra en primera instancia que la mayoría de las variables no demuestran tener relación significativa entre ellas, esto tomando en consideración el criterio en el cual mientras más cercano sea el valor a 1 (ya sea positivo o negativo) mayor correlación existe. Buscando además que los valores no tomen valor de 1 debido a que podría ser una correlación espuria y carecer de algún tipo de comportamiento realista.

En ese sentido se preferiría que el valor de la correlación sea superior a 0.7 pero inferior a 1 para decir que existe correlación alta, mientras que los valores que sean superiores a 0.40 pero inferiores a 0.70 se consideran como una correlación moderada. Por último, los valores abajo de 0.4 a 0 se consideran que se encuentran en una correlación débil o nula.

En este ejercicio se encontró que de los 120 cruces de variables (resultado obtenido al

excluir toda correlación entre mismos indicadores), 100 tienen una correlación débil o nula, mientras que 19 presentan una correlación moderada y sólo uno tiene una correlación alta.

Lo cual a pesar de ser alarmante en términos de correlación nos permite abordar el análisis desde una perspectiva en la cual a pesar de que estas variables no presenten una correlación entre sí, todas pueden ser determinantes independientes para explicar los comportamientos de la agricultura ya que no se ven afectadas por modificaciones del resto de las variables en un 80% y que del resto que presentan alteraciones sólo 9 (el 7.5% de todos los cruces) presentan efectos negativos por modificaciones en otras variables de cruce.

Haciendo énfasis en las variables que presentan un mayor nivel de correlación se trata de: Sistema de tecnología y gestión de crédito, lo cual se puede interpretar como que para obtener mejores sistemas tecnológicos es necesario contar con un mejor uso del crédito disponible, asimismo de forma contraria el contar con una buena gestión de crédito también dependerá del tipo de tecnología con la que se cuente en la producción. Adicionalmente vale la pena resaltar que ambas son elementos del conjunto de la capacidad de gestión.

Tabla 2. Matriz de correlación.

	EC1	EC2	EC3	AMB4	AMB5	SOC6	SOC7	GES8	GES9	GES10	GES11	GES12	CONTX14	CONTX16	CONTX17	CONTX18
EC1	1.0000															
EC2	0.3770	1.0000														
EC3	0.2174	0.5437	1.0000													
AMB4	-0.4229	-0.0940	0.1226	1.0000												
AMB5	0.0884	0.2638	0.0130	0.0498	1.0000											
SOC6	0.3052	0.0253	-0.1195	-0.5080	0.0876	1.0000										
SOC7	-0.2104	-0.0113	0.0000	-0.0508	-0.1422	-0.1975	1.0000									
GES8	-0.2711	0.0304	0.2500	0.3518	0.4449	-0.1167	0.1434	1.0000								
GES9	-0.4682	-0.0401	0.1738	0.6774	-0.0976	-0.3983	0.2274	0.3586	1.0000							
GES10	0.1557	0.4483	0.2968	0.1677	0.4778	-0.0741	0.2264	0.4899	0.1021	1.0000						
GES11	0.3773	0.3238	0.0174	-0.4854	0.3178	0.4585	0.0113	0.0010	-0.5301	0.2263	1.0000					
GES12	0.3590	0.4147	0.0507	-0.5011	0.3527	0.3543	0.1385	-0.0366	-0.4882	0.3245	0.7826	1.0000				
CONTX14	-0.3005	0.0520	-0.0232	0.1049	0.1409	0.1224	0.2056	0.1935	0.0856	0.0828	0.1836	0.2370	1.0000			
CONTX16	-0.0561	0.0727	0.1337	0.1210	0.1060	0.0390	0.0841	0.2750	-0.0379	0.3697	0.1277	0.0987	0.3680	1.0000		
CONTX17	0.2294	0.1803	0.0237	-0.3114	0.3527	0.2618	0.1728	0.1827	-0.3290	0.3515	0.5900	0.6745	0.1984	0.2771	1.0000	
CONTX18	-0.1999	-0.1419	0.1551	0.2878	-0.1425	-0.2881	0.0673	0.1720	0.3173	0.0277	-0.5095	-0.4395	-0.0545	0.1788	-0.1298	1.0000

Medias y distribución estándar

Por parte del comportamiento de las variables se encuentra que 13 de estas presentan una desviación estándar inferior a 2, lo cual indica que el 88% de las variables se encuentran en un rango inferior a las dos desviaciones estándar. Considerando una desviación normal del 95% se encuentra una situación donde *los datos no están distribuidos de forma regular*, sin embargo, esto no implica que sea malo, a partir del instructivo para análisis de media y desviación estándar de IBM se hace mención de que este valor puede verse afectado a condiciones como lo son variables con *datos demasiado volátiles*, así como *muestras demasiado pequeñas* (IBM, 2021).

En relación con el comportamiento individual de cada variable encontramos que tanto EC2 (Rentabilidad), y SOC6 (Empleo y género), presentan desviaciones estándar elevadas al presentar más de 2 desviaciones, lo cual es un indicio de que los valores y/o resultados obtenidos son más volátiles en comparación con el resto.

Esto es congruente con el análisis exploratorio que deja ver un recorrido de 41 puntos de variación en el margen neto de utilidad en una muestra de apenas 49 observaciones. Mientras que SOC7 (Seguridad laboral y social), y G12 (Gestión del crédito) tiene una desviación inferior a .5, lo que revela unas condiciones de acceso a servicios de seguridad,

predominantemente escaso, así como un acceso a crédito bastante imparcial, pero ambos hechos se dan de una manera más constante. Mientras que, por otra parte, los resultados que fluctúan entre 0 y 1 desviaciones standar, es decir las variables SOC7 (Seguridad laboral y social), GES9 (Experiencia del administrador en la

actividad), GES12 (Gestión de crédito), CONTX14 (Servicios básicos), CONTX16 (Asistencia Técnica y transferencia de tecnología), CONTX17 (Acceso a líneas de créditos) y CONTX18 (Vías de acceso adecuadas), tienen un comportamiento más homogéneo entre variables en 4 de 7 casos.

Tabla 3. Medias y distribución estándar

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
EC1	70	2.728.571	1.075.706	1	5
EC2	70	6.114.286	2.150.449	2	10
EC3	70	3	1.239.448	1	5
AMB4	70	4.742.857	1.716.803	2	10
AMB5	70	1.2	1.79855	0	5
SOC6	70	7.6	2.445.937	2	13
SOC7	70	.0428571	.2039973	0	1
GES8	70	3.628.571	1.543.302	2	7
GES9	70	2.4	.874767	1	4
GES10	70	2.828.571	1.102.979	1	5
GES11	70	1.928.571	1.344.031	0	3
GES12	70	.7	.4615663	0	1
CONTX14	70	.5142857	.5034046	0	1
CONTX16	70	2.057.143	.6996006	1	4
CONTX17	70	.6	.4934352	0	1
CONTX18	70	1.785.714	.6787212	1	3

Análisis de componentes (Eigenvalues y proporción)

Previo a realizar un análisis de eigenvalues y eigenvectors es necesario determinar en cuáles componentes principales son significativos para explicar el modelo, para ello en primera instancia debemos recurrir a aquellos que cuentan con eigenvalues con valores significativos, en otras palabras, con valores superiores a 1. Esto se realiza a partir de lo indicado por Géron (2019), “aquellos componentes que presenten esta característica

son más representativos para el análisis”. Asimismo, se cumple el criterio de buscar explicar la mayor parte del modelo al estar considerando que entre estos componentes se explica un 70.87% de los datos.

A partir de estas consideraciones al hacer el análisis consecuente se tomarán en cuenta para interpretación a los primeros 5 componentes, aunado a ello se hará un énfasis en los resultados de los primeros dos al contar con valores superiores a 2 y explicar en conjunto casi la mitad del modelo.

Tabla 4. Componentes principales significativos del modelo

Component	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Comp1	4.30934	1.36431	0.2693	0.2693
Comp2	2.94503	1.19203	0.1841	0.4534
Comp3	1.753	.516125	0.1096	0.5630
Comp4	1.23687	.141116	0.0773	0.6403
Comp5	1.09576	.119976	0.0685	0.7087
Comp6	.975782	.268448	0.0610	0.7697
Comp7	.707334	.117391	0.0442	0.8139
Comp8	.589943	.0683473	0.0369	0.8508
Comp9	.521596	.066698	0.0326	0.8834
Comp10	.454898	.0976112	0.0284	0.9118
Comp11	.357286	.0912235	0.0223	0.9342
Comp12	.266063	.0226712	0.0166	0.9508
Comp13	.243392	.0197536	0.0152	0.9660
Comp14	.223638	.0471785	0.0140	0.9800
Comp15	.17646	.03285	0.0110	0.9910
Comp16	.14361	.	0.0090	1.0000

Análisis de componentes principales a partir de eigenvalores

Adentrándonos en el análisis de eigenvalores se repetirá el ejercicio previamente desarrollado en la interpretación de los eigenvalores, a continuación, se presentan los resultados:

Componente 1: Presenta sus variables con mayor nivel en GES11 y GES12, esto significa que este componente está influenciado por el *manejo de crédito y la inversión en tecnología (+)*, pero se ve perjudicado por la *experiencia de los administradores y los cultivos en laderas (-)*, situación que se puede relacionar con que la tecnología y los métodos de cultivo de ladera no

sean compatibles o que los administradores con mayor tiempo en el campo laboral no acepten la inversión en tecnologías novedosas. Componente 2: Sus principales variables son GES8 y GES10, lo cual nos indica que este se enfoca en contar con *administradores con mayor nivel de preparación y con conocimientos de planeación para su óptimo funcionamiento (+)*. Sin embargo, resalta que la *productividad, ECI, y los indicadores de empleo y género, SOC6, presentan una conducta negativa (-)*, sin embargo, por el nivel de significancia que presentan estas variables *sus efectos contraproducentes no son una prioridad* para explicar el componente.

Componente 3: Este es plenamente apegado al tema económico, al tener una influencia positiva y significativa por parte de los criterios de *productividad (EC1)*, *rentabilidad (EC2)* y *crecimiento de la producción (EC3)* (+), sin embargo, el acceso a servicios básicos (*CONTX14*)(-) presenta un desempeño negativo, se encuentra a primera vista que a pesar de tener un nivel elevado no se puede determinar un factor principal que explique porque presentan un comportamiento contrario entre ambas variables.

Componente 4: En el encontramos que se enfoca meramente en la efectividad de la seguridad laboral para los empleados y la producción (*SOC7*)(+), pero se ve perjudicado por métodos de cultivo orgánicos (*EC5*)(-), lo

cual indica que este componente se centra en los trabajadores, pero no contempla la realización de una agricultura orgánica.

Componente 5: Este componente tiene un mayor énfasis en la vinculación al tener como sus principales variables asistencia Técnica y transferencia de tecnología (*CONTX16*) y Vías de acceso adecuadas (*CONTX18*) (+), las cuales nos hablan de la vinculación que existe con la academia y con el sector público, así como en la creación de caminos y rutas que conecten los cultivos con las vías principales, respectivamente. Asimismo, como se presentó en los componentes previos se encuentra que no existe una relevancia fundamental por parte de variables con efectos negativos.

Tabla 5. Análisis de componentes principales a partir de eigenvalores

component normalization: sum of squares (column) = eigenvalue

	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5	Comp6	Comp7	Comp8	Comp9	Comp10	Comp11	Comp12	Comp13	Comp14	Comp15	Comp16
EC1	.5806	-.212	.5611	.03197	.1664	-.1367	-.04584	-.1457	.1412	.1688	.4087	-.02302	.09791	-.07478	-.02159	.02779
EC2	.4364	.3774	.5828	.1811	-.1306	.3113	-.08457	.1249	.2063	-.05209	-.2233	-.05239	.1069	-.1482	.1591	.0373
EC3	.05315	.442	.6396	.2682	.1422	.2665	.2457	.08037	-.3086	-.08865	.07741	-.05718	-.1302	.1742	-.04259	-.037
AMB4	-.6618	.4771	.04942	-.2427	-.07548	.1681	-.2161	-.07304	-.05341	.3131	.06675	.1053	-.002033	.1654	.1656	.1257
AMB5	.3898	.4885	-.00802	-.6081	-.1704	-.1407	-.03865	.2082	.1912	-.1577	.075	-.2111	.04777	.1754	-.02364	-.02443
SOC6	.5682	-.2752	-.1789	-.171	.2749	.2004	.5247	-.207	.2415	.122	-.1057	-.01441	-.06083	.09932	.07327	.05249
SOC7	-.03374	.305	-.3308	.7101	-.3357	-.2674	.1101	-.1328	.131	-.101	.107	-.08184	.05664	.1296	.105	.0407
GES8	-.08992	.7593	-.1153	-.2927	-.02228	-.1495	.3635	-.09403	-.22	-.1667	.09283	.07863	.08463	-.2067	.04822	.09693
GES9	-.6876	.4403	.0335	.06007	-.2442	.1505	.2113	-.08339	.1033	.306	-.06569	-.1252	.1381	-.05107	-.2111	-.06381
GES10	.2961	.7604	.1882	-.02466	-.05281	-.2327	-.1078	-.2642	.2208	-.006528	-.07103	.2037	-.2197	-.01125	-.05441	-.114
GES11	.8732	.05047	-.126	-.01149	-.09527	.08227	.002804	-.0389	-.1834	.05052	-.04529	.2112	.2864	.1272	.007562	-.1428
GES12	.8779	.1396	-.1088	.1345	-.1757	.009934	-.6996	.1462	-.03162	.07335	-.06467	.8513	-.04284	.02974	-.2021	.2474
CONTX14	.128	.3837	-.5803	.1246	.09608	.5607	-.03852	.2177	.1576	-.02673	.2569	.07044	-.0679	-.08013	-.0037	-.06361
CONTX16	.1326	.5069	-.2479	.1045	.6444	.07363	-.2995	-.29	-.05936	-.07797	-.08777	-.1637	.09961	.01843	-.05185	.0396
CONTX17	.6799	.3112	-.2441	.82222	.08422	-.3006	.01428	.2076	-.1996	.3612	-.04281	-.1581	-.1101	-.09135	.1036	-.07365
CONTX18	-.5166	.2357	.1009	.166	.5229	-.3365	.1319	.393	.1957	.03401	-.04457	.1581	.1057	.05757	-.01742	.01393

En resumen se encuentra que para este tipo de análisis los primeros dos componentes de este estudio se centran en contar con una adecuada capacidad de gestión, por un lado el obtener mejor tecnología y uso óptimo del crédito y en segundo lugar tener una adecuada planeación y personal capacitado, de forma consecuente se debe de enfocar en el desempeño económico de la producción agrícola, posteriormente enfocarse en ofrecer las mejores condiciones para la planta laboral y por último buscar la forma de vincularse con sectores que puedan beneficiar los procesos productivos y facilitar el acceso al área de cultivo.

Fórmulas de componentes principales

A partir de los análisis anteriores se identificaron qué componentes principales son los más relevantes, cuáles de sus variables son significativas y asimismo se determinó que combinaciones de estas se deben de analizar con mayor atención, a partir de ello se generaron las siguientes formularios que explican cómo se constituye cada componente a partir de variables representativas.

$$\begin{aligned} \text{COMP1:} & 0.5806\text{EC1} + 0.4364\text{EC2} - \\ & 0.6618\text{AMB4} + 0.5682\text{SOC6} - \\ & 0.6876\text{GES9} + 0.8732\text{GES11} \\ & + 0.8779\text{GES12} + 0.6799 \text{ CONTX17} - \\ & 0.5166\text{CONTX18} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COMP2:} & 0.442\text{EC3} + 0.4771\text{AMB4} + 0.488 \\ & 5\text{AMB5} + 0.7593\text{GES8} + 0.4403\text{GES9} + 0.7604\text{G} \\ & \text{ES10} + 0.5069\text{CONTX16} \end{aligned}$$

Estas fórmulas indican cómo se ven beneficiados o afectados los modelos a partir de modificaciones en cada uno de sus componentes, así como una guía para explicar cómo es que se comportan los sistemas de producción agrícola a partir de las determinantes de estudio presentadas en esta investigación.

Mapa vectorial de factores

Al introducir las variables a una representación vectorial se encuentran los resultados mencionados anteriormente, como lo son la relevancia de GES11 y GES12 para el componente 1 y GES8 y 10 para el componente 2. Por lo cual esta etapa se busca encontrar fenómenos que se presenten en otros puntos de la dispersión, a partir de esta idea se buscará encontrar grupos de datos que beneficien al componente 1 pero afecten al segundo y viceversa, así como grupos de datos que generen un beneficio mutuo y por sus valores estadísticos previamente no se les haya dado mayor relevancia en el análisis.

Se puede apreciar que en el cuadrante inferior derecho existe un grupo integrado por EC1 y SOC6 los cuales representan unidades significativas para el componente 1, esto se puede deber a que la productividad y calidad

laboral intervienen en el buen desempeño de las actividad, sin embargo encontramos que, en caso del componente 2 estas actividades son perjudiciales para el buen desempeño de la capacitación administrativa y la planificación, sin embargo por la ponderación de estos factores no se puede definir que sean como tal una problemática central en el desempeño de este componente.

Asimismo, existe un pequeño en el cuadrante superior izquierdo integrado por AMB4 y GES9, los cuales se encuentran en valores cercanos a 0.30 para el componente 2 y -0.30 para el componente 1, lo cual se puede traducir a que la relevancia de ambas variables

es inversamente proporcional a partir del enfoque de componentes que se realice. De igual forma resaltar en que este grupo se encuentra el único indicador de gestión que no cuenta con un rol principal en el análisis.

Buscando un punto el cual sea neutro para ambos componentes se encuentra el punto EC2 el cual para ambos componentes presenta un comportamiento positivo de 0.2, lo cual se tiene que visualizar a partir de que no necesariamente es una variable de relevancia principal, sin embargo, es una variable complementaria que no debe de descartarse al realizar un análisis en este estudio.

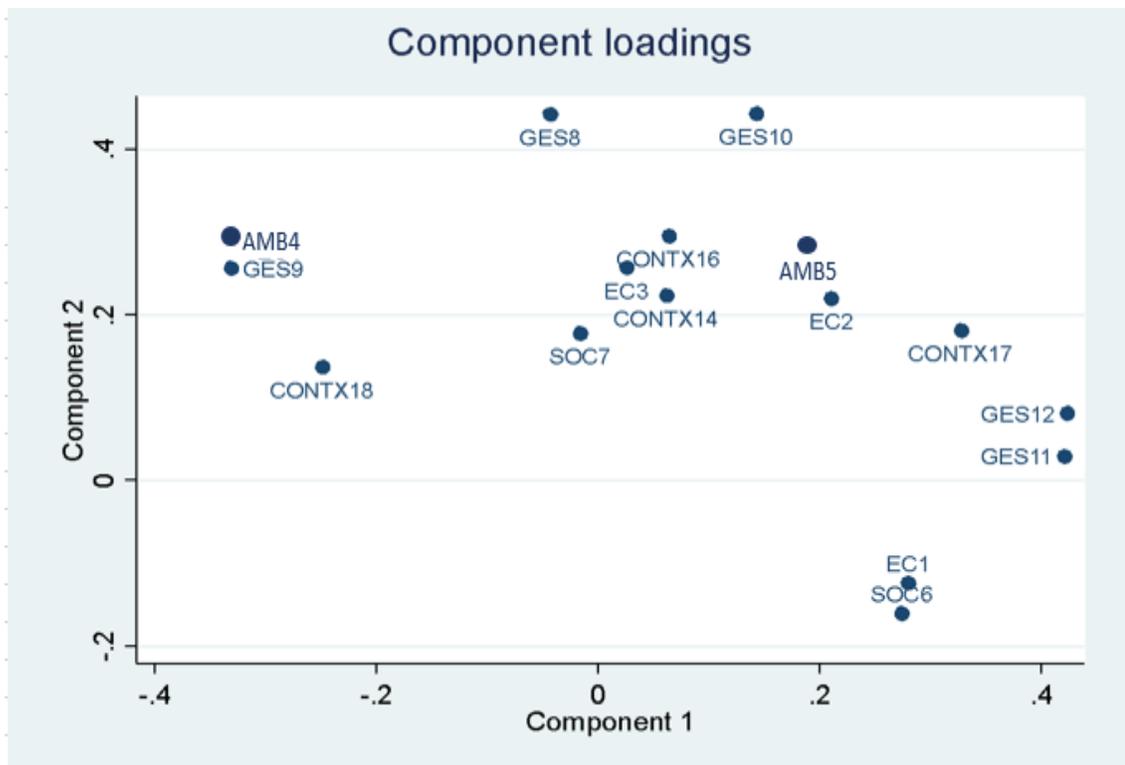


Figura 1. Mapa vectorial de factores

CONCLUSIÓN

En la matriz de correlación se observa que, de las variables seleccionadas, pocas mostrarán una relevancia significativa. Entre las destacadas se encontraron la inversión en tecnología y la gestión de crédito, mostrando una alta evaluación positiva. Este hallazgo podría ser un punto inicial para explorar los elementos más relevantes en esta actividad agrícola.

Durante la segunda prueba, siendo esta la correspondiente a desviación estándar y la distribución de las variables se encontró que las variables no se encuentran distribuidas de forma normal y que por otro lado aquellas variables que presentaron comportamientos más constantes fueron la inversión en tecnología y la gestión de crédito, brindando así el mismo resultado que el visto en el ejercicio previo, sin embargo se puede considerar que el hecho de que estas variables presentaron esta conducta se puede deber a que presentaron valores binarios, lo cual puede influir en que presentaran un comportamiento lineal.

En el análisis y selección de eigenvalores simplemente se identificó que los primeros 5 componentes principales permiten explicar adecuadamente el modelo, asimismo se definió que los primeros dos componentes serían aquellos que se utilizarían para realizar un análisis a profundidad debido a que sus

eigenvalores son lo suficientemente elevados para explicar por sí mismos la funcionalidad del análisis. A pesar de ello se realizó un análisis de los que integran a cada uno de los que superaron la prueba del valor superior a uno.

Adentrándonos al análisis de componentes principales se encontró que las variables más relevantes en los primeros dos componentes recaen sobre los criterios de gestión a excepción de GES9 (Experiencia del administrador), aunado a ello se encontró que para los componentes del 3ro al 4to cada uno de estos giró sobre una temática, siendo estas económica, social y apoyo al contexto local, quedando excluida las prácticas ambientales y en algunos casos se convirtió en un criterio que perjudica el desempeño de los componentes.

Por último, en el análisis vectorial se encontró una preponderancia por parte de las actividades de gestión a excepción de la experiencia del administrador, lo cual explica lo mencionado anteriormente al encontrar que esta variable no es relevante para el ejercicio agrícola, asimismo se encontró que la rentabilidad es un factor secundario presente para ambos componentes y que su peso es similar para ambos, por lo cual debe ser una variable a considerar al momento de poner en práctica las actividades agrícolas sostenibles.

REFERENCIAS

- Ahi, P., Searcy, C., & Jaber, M. Y. (2018). A probabilistic weighting model for setting priorities in assessing sustainability performance. *Sustainable Production and Consumption*, 13, 80–92.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2017.07.007>
- Barbei, A. A., Neira, G., Carolina, P., & Arbio, F. Z. (2018). “ La sostenibilidad del ciclo productivo como insumo para la toma de decisiones: Abordajes teóricos alternativos ”. *8º Congresso UFSC de Controladoria e Finanças e 8º Congresso UFSC de Iniciação Científica Em Contabilidade*.
- Cardoni, A., Zanin, F., & Corazza, G. (2020). Knowledge Management and Performance Measurement Systems for SMEs’ Economic Sustainability. *Sustainability*, 27.
- Cavalcanti Silva, N. (2016). Sistema de indicadores de sostenibilidad para el desarrollo turístico : un estudio de caso de municipio de Areia - PB Sistema de indicadores de sostenibilidad del desarrollo turístico : un caso estudiar el municipio de Areia - PB Sistema de indicadores de. *Pequisa Em Turismo*, 10(3), 475–496.
- Da Silva Santos, E., Lopez Silva, J., & Caetano, R. (2019). Prácticas de sostenibilidad y responsabilidad aplicaciones sociales en micro y pequeñas empresas y en vilhena-ro microemprendedores individuales. *Revista de Administração e Negócios Da Amazônia*, 11(4), 20.
- Elkington, J. (1994). *Ingreso al triple resultado* (Vol. 1, pp. 1–16).
- Espinosa, H. R., Gómez, C. J. R., & Betancur, L. F. R. (2018). Factores determinantes de la sostenibilidad de las agroempresas asociativas rurales. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 56(1), 107–122.
<https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560107>
- Feil, A. A. (2019). Indicadores de sostenibilidad para organizaciones industriales : revisión sistemática de la literatura. *Sustainability*, 11, 16.
- Galeano Revert, A., García-Sabater, J. P., & Miralles Insa, C. (2018). Triple Bottom-line Business Model. Case study on the organic food retailing. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 9(1), 30.
<https://doi.org/10.4995/wpom.v9i1.9131>
- Gan, X., Fernandez, I. C., Guo, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B., & Wu, J. (2017). When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators*, 81, 491–502.

- <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.068>
- Géron, A. (2019). *“Hand-On Machine Learning with R” de Boehmke y Greenwell* (segunda). O’Reilly Media, Inc.
- Gómez-Limón, J. A., & Sanchez-Fernandez, G. (2010). Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economics*, 69(5), 1062–1075.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.027>
- IBM. (2021). *Media/desviación estándar*.
<https://www.ibm.com/docs/es/spss-modeler/saas?topic=node-meanstandard-deviation>
- Inzunza, D. K. (2018). Desarrollo sostenible e indicadores de sostenibilidad en las organizaciones. *Vinculando*, 8.
- Marqués, M. (2017). *Sostenibilidad, Comunicación y Valor Compartido El discurso actual del desarrollo sostenible en la empresa española*. Universidad Complutense de Madrid.
- Morcillo-Bellido, J. (2018). Sostenibilidad en la cadena de suministro: evidencias del sector minorista español. *360: Revista de Ciencias de La Gestión*, 3, 18–38.
<https://doi.org/10.18800/360gestion.201803.001>
- Pashaei Kamali, F., Borges, J. A. R., Meuwissen, M. P. M., de Boer, I. J. M., & Oude Lansink, A. G. J. M. (2017). Sustainability assessment of agricultural systems: The validity of expert opinion and robustness of a multi-criteria analysis. *Agricultural Systems*, 157, 118–128.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.013>
- Plua, K., León, I., Reyes, M., & Alvarez, P. (2022). Sostenibilidad empresarial su aplicación en las pymes agrícolas corporate sustainability and its application in agricultural smes. *Studies in Engineering and Exact Sciences*, 3(1), 171–192.
<https://doi.org/10.54021/seesv3n1-015>
- Plua, K., Reyes, M., & Franco, J. (2020). Business sustainability its application in agricultural smes. *Journal of Alternative Perspectives in the Social Sciences*, 10(4), 1089–1110.
- Plua Panta, K., León Tellez, I., Reyes Bermeo, M., & Bustamente Fuentes, C. (2022). Sustainability of Agricultural Smes : A Methodological Proposal for Their Evaluation By Resumen. *Res Militaris*, 12(3), 16.
- Quispe Quezada, U., Gómez Herrera, J., & Zevallos Lázaro, D. (2019). Diagnóstico de sostenibilidad de la Empresa Galix

- Tech S.A. *PURIQ*, 1(01), 109–120.
<https://doi.org/10.37073/puriq.1.01.15>
- Sanchez Fernández, G. (2009). *Análisis De La Sostenibilidad Agraria Mediante Indicadores Sintéticos : Aplicación Empírica Para Sistemas Agrarios*.
- Sarango, P., Alvarez, J., Ramon, S., & Silva, J. (2017). Sostenibilidad en el contextode las Pymes en Ecuador. *VII Congreso Internacional de Conhecimento e Inovacao*, September.
- Sarango-lalangui, P. (2018). Prácticas sostenibles en pequeñas y medianas empresas en Ecuador. *Sustainability*, 10.
<https://doi.org/10.3390>
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. In *Cepal*.
- Tapia Bonifaz, A. G., Gavilánez Vega, M. I., Jácome Tamayo, S. P., & Balseca Castro, J. E. (2018). La Responsabilidad Social Empresarial: Un Desafío Para La Sostenibilidad De Las Empresas Del Ecuador. *Investigación y Pensamiento Crítico*, 7(4), 68–89.
<https://doi.org/10.17993/3cemp.2018.0704>
36.68-89/
- Valencia-Rodríguez, O., Olivar-Tost, G., & Redondo, J. M. (2019). Methodology for the modeling of some aspects associated with business sustainability and its application in a manufacturing company. *Informacion Tecnologica*, 30(4), 103–125.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000400103>
- Vivas, R., Sant, Â., Esquerre, K., & Freires, F. (2019). Measuring Sustainability Performance with Multi Criteria Model : A Case Study. *Sustainability*, 11, 1–13.
<https://doi.org/10.3390/su11216113>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Los autores han participado en la elaboración del análisis estadístico, redacción del trabajo y análisis de los documentos.