

DISEÑO DE UN PROTOCOLO CON APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE
DE DATOS Y LA CUENTA DE TRIPLE RESULTADO PARA EL ECOTOPO 204A

NICOLAS DAVID RIAÑO CALDERÓN



PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.
2019

DISEÑO DE UN PROTOCOLO CON APLICACIÓN DEL ANÁLISIS ENVOLVENTE
DE DATOS Y LA CUENTA DE TRIPLE RESULTADO PARA EL ECOTOPO 204A

NICOLAS DAVID RIAÑO CALDERÓN

Trabajo de grado para optar al
Título de Maestría en Ingeniería Industrial

Director Trabajo de Grado

Carlos L. Quintero [Araújo](#); Ingeniero Industrial; M.Sc; Ph. D
Campo Elías Riaño Luna; Ingeniero Químico; M.Sc; Ph. D

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C.

2019

Nota de Aceptación

Firma presidente del Comité

Firma Jurado

Firma Jurado

Firma Director de Trabajo

Firma Director de Trabajo

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
Antecedentes	13
Justificación de la Investigación.....	15
2. PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	18
Descripción y planteamiento	18
3. OBJETIVOS	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos	19
4. METODOLOGÍA.....	21
Selección del universo y la muestra.....	21
Ubicación del Proyecto	22
4.1. Tipo de investigación	23
4.2 Instrumentos	24
4.2.1 Global reporting initiative	24
4.2.2 Data Envelopment Analysis	25
4.2.3 Cuenta de triple resultado.....	33
4.2.4 Análisis de punto de equilibrio	34
4.3 Etapas o fases de investigación.....	35
4.3.1. Fase 1. Contextualización de la investigación y revisión literaria.	35
4.3.2. Fase 2. Identificación y medición de variables de sostenibilidad de los PACs pertenecientes al ecotopo.....	35
4.3.3. Fase 3. Medición y análisis de variables de rentabilidad	36
4.3.4. Fase 4. Análisis de resultados y elaboración de protocolo de mejoramiento.	37
5. RESULTADOS OBTENIDOS	39
5.1 Identificación de las variables de sostenibilidad.....	39
5.2 Medición y análisis de variables de sostenibilidad	41

5.2.1	Uso del instrumento Triple Bottom Line	41
5.2.2	Comparación de variables y construcción de indicadores TBL.....	43
5.2.2.1	Dimensión Económica	44
5.2.2.1.1	Ventas.....	44
5.2.2.1.2	EBITDA.....	45
5.2.2.1.3	Costo Materia Prima	47
5.2.2.2	Dimensión Ambiental	49
5.2.2.2.1	Energía usada.....	49
5.2.2.2.2	Uso materia Prima	50
5.2.2.2.3	Consumo Agua	51
5.2.2.3	Dimensión Social	51
5.2.2.3.1	Empleados.....	51
5.2.2.4	Ponderación sostenible.....	52
5.2.3	Uso de instrumento Data Envelopment Analysis	55
5.2.3.1.	DEA 1	57
5.2.3.2.	DEA 2	58
5.2.3.3.	DEA 3	59
5.2.3.4.	DEA 4	59
5.2.3.5.	Análisis de sensibilidad.....	61
5.3.2.9.	Estrategias.....	63
5.2.3	Uso del instrumento del punto de equilibrio.	64
5.2.3.1	Estructura de costos, producción y precio.	66
5.3	Protocolo.....	70
5.3.1	Objetivos del Protocolo	71
5.3.2	Plan de acción	71
4.	HALLAZGOS	85
5.	CONCLUSIONES.....	89
6.	GLOSARIO	92
7.	ANEXOS.....	93
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	98

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de los PACs.....	22
Tabla 2. Tabla descriptiva de las ecuaciones asociadas al modelo de estudio.....	29
Tabla 3. Variables e índices asociadas al modelo orientado a las entradas con retorno de escala constante CRS. Zhu (2009)	31
Tabla 4. Fases de investigación.....	36
Tabla 5. Indicadores con mayor relevancia seleccionados conforme guía GRI y TBL.....	38
Tabla 6. Tabla de variables.	41
Tabla 7. Margen EBITDA.	44
Tabla 8. Indicador de evaluación de alfa de Cronbach.....	51
Tabla 9. Alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de una escala de medida	51
Tabla 10. Escala para medición del nivel de sostenibilidad.....	52
Tabla 11. Estado de sostenibilidad.....	52
Tabla 12. Inputs y Outputs establecidos.....	53
Tabla 13. Tipo de asociación para construcción de nuevos DEA.....	55
Tabla 14. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 1.....	56
Tabla 15. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 2.....	56
Tabla 16. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 3.....	57
Tabla 17. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 4.....	57
Tabla 18. Modificación en las variables por análisis de sensibilidad.....	60
Tabla 19. Estructura de costos, producción y precio.....	63
Tabla 20. Registros de Punto de equilibrio para cada PAC.....	64
Tabla 21. Matriz de Punto de equilibrio PAC 1.....	64
Tabla 22. Matriz de Punto de equilibrio PAC 2.	65
Tabla 23. Matriz de Punto de equilibrio PAC 3.	65
Tabla 24. Matriz de Punto de equilibrio PAC 4.	66
Tabla 25. Matriz de Punto de equilibrio PAC 5.....	66

Tabla 26. Variables e indicadores para medir en los PAC.	69
Tabla 27. Ejemplo de registro formato 1.	71
Tabla 28. Criterios de calificación Escala Tipo Likert.	72
Tabla 29. Ejemplo de criterio formato 2.....	74
Tabla 30. Formato 3. Registro de variables posterior a implementación de solución de la problemática.....	77
Tabla 31. Resumen de calificación sostenible de cada PAC.....	84
Tabla 32. Resumen de utilidad y punto de equilibrio.....	84
Tabla 33. Eficiencia relativa actual de cada PAC.....	84
Tabla 34. Resumen análisis de sensibilidad, aumento en sostenibilidad y rentabilidad.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ecotopo 204A, Caldas.....	23
Figura 2. Conjunto general de estándares GRI.....	24
Figura 3. Superficies de envoltura y orientación – DEA.....	25
Figura 4. Concepto Triple Bottom Line.	33
Figura 5. Ventas vs Variables ambientales y sociales	43
Figura 6. EBITDA vs Variables ambientales y sociales.....	45
Figura 7. Costo de materia prima vs Variables ambientales y sociales	46
Figura 8. Energía Usada vs. Variables sociales.	47
Figura 9. Uso de materia prima vs. Variables Sociales.	48
Figura 10. Consumo de agua vs. Variables sociales.	49
Figura 11. Variables sociales vs. Empleados.....	50
Figura 12. Frontera eficiente para el caso de dos inputs y un output.....	58
Figura 13. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 1.	64
Figura 14. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 2.	65
Figura 15. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 3.....	65
Figura 16. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 4.	66
Figura 17. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 5.	66
Figura 18. Ciclo PHVA.....	67
Figura 19. Formato 1. Registro de variables.	70
Figura 20. Formato 2. Definición de indicadores.....	73

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Valor del Target de eficiencia para cada variable de entrada el PAC 3.....	86
Anexo B. Valor del Target de eficiencia para cada variable de salida el PAC3.....	86
Anexo C. Variables de entrada y salida para el ecotopo 204A sujetas a tratamiento matemático.	87
Anexo D. Eficiencia relativa de cada DMU o PAC.....	87
Anexo E. Slacks de entradas para cada PAC en el ecotopo 204A.....	88
Anexo F. Slacks de salidas para cada PAC en el ecotopo 204A.....	88
Anexo G. Target de entradas para cada PAC en el ecotopo 204A.....	89
Anexo H. Target de salidas para cada PAC en el ecotopo 204A.....	89
Anexo I. Formato 2 registro de indicadores.....	Sp
Anexo J. Protocolo para la PAC 3	Sp

RESUMEN

En los 2 últimos años, la agroindustria cafetera ha presentado problemas atinentes a la sostenibilidad y rentabilidad de sus proyectos. En el año 2018, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia estimó que la rentabilidad del sector cafetero disminuyó en 500 mil millones de pesos, razón por la cual el propósito de esta investigación es determinar cómo se puede mejorar la rentabilidad y sostenibilidad, a largo plazo, de las unidades productoras de café. Para ello, se utilizó un marco relacionado a la sostenibilidad y una metodología de optimización de 5 fincas productoras de café orgánico, situadas en un ecotopo cafetero. El primer enfoque para abordar la sostenibilidad fue la Cuenta de Triple Resultado (TBL), reconocer variables de sostenibilidad extraídos de la guía de Iniciativa de Reporte Global (GRI) y construir indicadores de medición sostenible. El segundo enfoque fue, el Análisis Envolvente de Datos (DEA) que logró evaluar la eficiencia relativa de las unidades productoras del ecotopo seleccionado. Con los resultados obtenidos se diseñó un protocolo que se utilizará para que las unidades productoras reconozcan su situación actual e incentivar el registro y la implementación de estrategias a futuro para mejorar sus criterios de sostenibilidad. El TBL determinó indicadores de sostenibilidad actuales para dar una clasificación sostenible. DEA permitió reconocer las fincas con mejores niveles de eficiencia relativa, si se consideran variables de sostenibilidad. Además, el resultado de esta investigación proporciona un parámetro de información, un mecanismo de reporte y una guía de comparación para uso del caficultor, que permita entregar valor agregado a su proyecto cafetero realizando ajustes necesarios y poder ser más rentable en el largo plazo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Antecedentes

En diversos medios, el actual gerente general de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC, 2018), ha dado a conocer los diferentes retos a afrontar, en la presente situación del sector cafetero colombiano. Entre estos, se encuentra la búsqueda de una solución oportuna para el problema de rentabilidad, el cual es consecuencia de los bajos precios pagados en el mercado internacional por el producto cafetero, sustento de 556.000 familias en el país (FNCC, 2018).

Según Vélez (2018), la baja rentabilidad del caficultor colombiano, se encuentra vinculada a factores externos como lo son: a) la devaluación del Real Brasileiro, que permite a los caficultores, de ese país competidor, obtener más reales por carga de café; esto se puede entender en la medida en que los costos de producción sean menores a los precios de venta internacionales; b) al enorme volumen de cosecha de Brasil, que podría estar entre los 50 y 60 millones de sacos de café para el 2019; y c) las ventas de contratos de futuros del café tranzados en fondos internacionales de inversión los cuales están sujetos a la especulación. Lo anterior, provoca en los caficultores colombianos un afán de migración a otros tipos de cultivos o actividades, porque no compensan los costos de producción y mucho menos ser rentables y sostenibles a largo plazo (FNCC, 2018; FNCC, 2019).

En Colombia, durante los últimos años se han presentado problemas tanto internos como externos a la nación, relativos a la incertidumbre de garantizar un desarrollo óptimo, sostenible y rentable para un caficultor que invierte su tiempo y dinero en el desarrollo de un proyecto cafetero. De acuerdo con la FNCC y Vélez (2018), en 2018 la rentabilidad del sector cafetero viene disminuyendo en 500 mil millones de pesos, es decir que, en el 2017 el costo de la cosecha cafetera fue próxima a 7 billones de pesos y para el 2018 se cerró una cosecha con valor de 6,4 billones de pesos.

Para una mayor contextualización y entendimiento de la dimensión e importancia de la industria cafetera, durante el 2014 se consumieron en el mundo 149.3 millones de sacos de café de 60 kilos, de los cuales el 1.15 % fueron de cafés diferenciados (Centro de Comercio Internacional, 2013; OIC, 2015). El 7% de este consumo, - el cual es equivalente a 10.4 millones sacos de 60 kilos de café -, corresponde a las exportaciones colombianas, cifra que incluye la venta externa de café tradicional, y exportación de cafés especiales (FNCC, 2014). Los países productores de café orgánico, exportaron en 2013 cerca de 1.7 millones de sacos, de los cuales 40.6% fueron con destino a Europa, 47.9% a Norte América y el 11.5% a Asia y otros lugares (CCI, 2013). Sin embargo, para la Specialty Coffee Association of America (SCAA), se debe atraer más atención sobre la diversidad y la calidad de la variedad arábica de Colombia, así como también precisar estrategias que le permitan seguir ganando adeptos en vez de desertores (Departamento Nacional de Planeación, 2011; FNCC, 2012). El sector cafetero aportó 22% del PIB agrícola, al cierre de 2017, representando cerca del 0.7% del PIB total colombiano (FNCC, 2017).

Para Nicholls y Altieri (2012), la agricultura mundial en general atraviesa un enorme deterioro a causa de altos niveles de hambre, pobreza, crisis energéticas, crisis financieras y ambientales. Para esbozar mejor lo anterior, la FNCC en su interés por presentar siempre una producción de altísima calidad-volumen, continuó promoviendo y apoyando la producción de cafés diferenciados o especiales, conservando un proceso sostenible, de las cuales 196.955 fincas se encuentran verificadas y certificadas bajo códigos de producción sostenible, las cuales representan 378.555 hectáreas sembradas con este tipo de café dentro del territorio nacional, dando una ventaja competitiva frente al mercado mundial (FNCC, 2014). De igual forma, uno de los objetivos continuos de la FNCC, es estimular la producción de cafés diferenciados o especiales, certificados bajo códigos de producción sostenible, que agreguen valor a los caficultores y el proceso cafetero (FNCC, 2013, 2014).

También dentro de este marco, la sostenibilidad como implementación, puede reconocerse como un hito de innovación, al incorporarse en los procesos de las compañías en diferentes países o multinacionales en el mundo. En la actualidad,

más de 90 miembros (Coca-Cola, Ebro, Hero, Ferrero, Pepsico, Unilever, Kellogg's, Heineken, McCain, Tesco, entre otros) participan conjuntamente con el objetivo de promover globalmente y, entre ellos, el intercambio de conocimiento sobre las mejores prácticas agrícolas sostenibles para el mantenimiento y la generación de ganancias a largo plazo (Masip, 2017).

Al concretar mejor la idea, se requiere un punto adaptativo donde las variables económicas, sociales y ambientales fortalezcan las prácticas, procesos, seguimientos, planes y estrategias que entren en un marco sostenible (Ogel, 2013; García, 2015). Wang y Sueyoshi (2014), en su artículo proponen que el uso de metodologías de optimización como DEA, y la inversión económica en la mejora de variables operacionales y medio ambientales, permiten apuntar a la sustentabilidad y sostenibilidad de las corporaciones, mejorando sus ingresos.

Propuestas como la de Montoya y Soto (2010), muestran que al realizar una comparativa de eficiencia relativa con el uso de DEA en diferentes departamentos cafeteros de Colombia, permite evaluar y comparar cada una de estas zonas, para después hallar oportunidades de mejora en cada una de éstas. Por otro lado, el estudio de Cortés (2017), evidencia que al establecer una medición de la eficiencia relativa haciendo uso de DEA, y la implementación de variables conexas al TBL en la cadena de suministro de diferentes corporaciones, se logra medir y cuantificar el impacto en la rentabilidad después de amalgamar estos modelos de optimización y producción. Los anteriores son ejemplos de cómo, estas metodologías, podrían resolver algunos de los inconvenientes en rentabilidad y sostenibilidad anexos en los antecedentes en el sector cafetero.

Justificación de la Investigación

En la actualidad, el sector cafetero colombiano se ve enfrentado a diferentes condiciones que afectan negativamente la rentabilidad de cada uno de los productores de café a nivel nacional, afectación que da cuenta de la problemática a la que se enfrenta esta parte del sector agrícola, donde predomina la ausencia

de planes estructurados que den respuesta a la necesidad de garantizar un desarrollo para los caficultores nacionales, debiéndose potencializar la sostenibilidad a largo plazo y rentabilidad de sus Proyectos Agrícolas Cafeteros (PACs). De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se evidencia un afán por generar planes que adopten medidas y usen herramientas que puedan dar una solución oportuna a los diferentes retos y dificultades a las que se enfrenta el sector cafetero en Colombia.

El propósito de esta investigación es determinar cómo la gestión de variables de sostenibilidad actuales y la evaluación de la eficiencia relativa, pueden ser relevantes para la creación de un plan de mejoramiento en la rentabilidad y sostenibilidad a largo plazo en los Proyectos Agrícolas Cafeteros (PACs) pertenecientes a un ecotopo cafetero. Todo esto para generar un plan o protocolo que permita a las fincas corresponder, de alguna manera, la necesidad de generar estrategias para mejorar la gestión sostenible y rentable.

Como la presente investigación está en consonancia con la crisis cafetera, concretamente se obtuvo información detallada de cada uno de los productores de Café de un ecotopo cafetero, sus falencias y necesidades a nivel de sostenibilidad y rentabilidad; a estos entornos, específicamente no se les ha realizado una caracterización detallada en cuanto a las condiciones sociales, económicas y ambientales con los que debe contar una unidad agrícola eficiente. La información y los resultados arrojados por el presente estudio aportan datos para que las decisiones y estrategias, que se implementen en un futuro, estén articuladas y sean consecuentes con proyectos de carácter público y privado, a la vez que se relacionen con el manejo de sus sistemas de producción, su entorno y sus condiciones socioeconómicas de manera eficiente, haciendo énfasis en lo que realmente es requerido en cada uno de los PAC, el ecotopo y la región cafetera a la que pertenecen (García & Shively, 2010). Para efectos de plantear una solución a la problemática de encontrar mayores niveles de eficiencia relativa, sostenibilidad a largo plazo, competitividad y rentabilidad en los PACs del país, se propone el uso integrado de dos metodologías: el DEA y el TBL, las cuales se adaptan a la búsqueda de comparar unidades homogéneas, con variables de entrada y salida

que determinen la evaluación de la eficiencia relativa y el grado de sostenibilidad, para ser más rentable los PACs. Estas metodologías han sido usadas en estudios anteriores, mostrando que son efectivas para evaluar la eficiencia relativa y las diferentes variables de sostenibilidad, permitiendo así comparar y visualizar diversas oportunidades de mejora en cada una de las unidades agrícolas de producción.

2. PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo podría diseñarse un protocolo para mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de proyectos agrícolas de un ecotopo cafetero, mediante la aplicación de metodologías TBL y DEA?

Descripción y planteamiento

En esta propuesta se diseñó un protocolo de sostenibilidad y rentabilidad para proyectos agrícolas cafeteros, a través del cuál se procede a consolidar un plan, para identificar las variables económicas, sociales y ambientales, medidas por indicadores comparables entre las PACs del ecotopo 204A y continuar con el cálculo de la eficiencia relativa, logrando clasificar qué fincas se encuentran dentro de la frontera de eficiencia.

Las fuentes de información consultadas fueron bases de datos y motores de búsqueda académicos. La recolección de los datos técnicos de cada PAC provino de los informes realizados por investigadores cafeteros con relación al Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafé) y la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNCC) (Ospina, Duque, Farfán, 2003). Las variables de sostenibilidad fueron extraídas de la guía internacional GRI o iniciativa de reporte global. Se realizó la construcción de indicadores sociales, ambientales y económicos según la metodología y orientación de la Cuenta de Triple Resultado medidas en las PACs. Con los indicadores se procedió a calcular la eficiencia relativa e identificar aquellas fincas más cercanas a la frontera de eficiencia, propuesta por la metodología DEA. Se determinó la rentabilidad para las PAC's según el punto de equilibrio; con los resultados obtenidos en los puntos anteriores se consolidó un protocolo que será usado como guía para incrementar la sostenibilidad y rentabilidad en PAC's el cual permitirá mejorar los indicadores actuales para los caficultores nacionales, si se implementa correctamente.

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un protocolo de mejora de variables sociales, económicas y ambientales, tomando como base la aplicación de las herramientas TBL y DEA durante 6 meses, con el fin de aumentar la sostenibilidad y rentabilidad de PACs, pertenecientes al ecotopo cafetero 204A.

Objetivos específicos

1. Realizar una revisión de la literatura, utilizando bases de datos y motores de búsqueda académicos sobre sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia, publicada en revistas científicas y conferencias internacionales de alto impacto.
2. Recolectar datos técnicos de cada PAC soportados en informes de investigadores cafeteros con duración de seis meses.
3. Seleccionar las variables económicas, sociales y ambientales a medir de cada una de las 5 PACs pertenecientes al ecotopo 204A, tomando como referente la GRI a lo largo de 6 meses, con el fin de determinar las variables que resultan pertinentes en la sostenibilidad y rentabilidad de un proyecto agrícola cafetero.
4. Diseñar un sistema de indicadores económicos, sociales y ambientales para las 5 PACs pertenecientes al ecotopo 204A conforme guía GRI durante 6 meses, para determinar los valores actuales de eficiencia relativa y sostenibilidad según enfoque DEA y TBL.
5. Calcular los valores de rentabilidad de 5 PACs pertenecientes a un ecotopo durante 6 meses, haciendo uso del método de punto de equilibrio, con el fin de comparar estos valores e identificar la finca productora de café con mayor relación de rentabilidad.

6. Elaborar un protocolo de mejora, tomando en cuenta los resultados obtenidos anteriormente por medio del DEA, TBL y punto de equilibrio, con el fin de favorecer la eficiencia semestral de 5 PACs pertenecientes al ecotopo evaluado inicialmente en un plazo de 6 meses.

4. METODOLOGÍA

Selección del universo y la muestra: En esta investigación de tipo descriptivo no experimental, se realizó un muestreo no probabilístico, dado que la elección de los elementos de estudio no depende del uso de fórmulas de probabilidad, ni del uso de criterios estadísticos de generalización, sino de causas relacionadas con las características de la investigación y su diseño de estudio, el cual no requiere de una representatividad de elementos de una población o universo, sino de una cuidadosa y controlada elección de casos con ciertas características especificadas previamente en el planteamiento del problema (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

Tomando en cuenta lo anterior, el universo al que pertenece la muestra a estudiar, son los 7 ecotopos cafeteros de Colombia. La muestra seleccionada de forma no aleatoria es el ecotopo 204A de la zona nororiental (escogido tomando en cuenta que cumple con características relevantes para el estudio, como sus condiciones topográficas, acceso a la información, similitud en la actividad económica, tratamiento ambiental y condiciones sociales), las unidades en estudio son los PACs pertenecientes al ecotopo, y las variables de entrada y salida requeridas se seleccionaron acorde con la metodología elaborada, precisada y descrita por Cooper, Seiford y Zhu (2011).

Se trabajó con los 5 PACs, ubicados dentro del ecotopo en estudio (FNCC, 2014). Estos PACs fueron seleccionados tomando en cuenta las similitudes presentadas en las condiciones topográficas (condiciones del terreno), altura a nivel del mar (entre 1430 y 1932 msnm), el tipo de café sembrado (café diferenciado orgánico obtenido a partir de producción orgánica), el tipo de insumos utilizados, tratamiento ambiental, condiciones sociales y la productividad por hectárea, de cada uno de estos PACs.

Los PACs son predios plenamente identificados por la FNCC como entidades dónde se toman decisiones y se transforman insumos en productos o servicios, siendo ejemplos de producción de cafés diferenciados. En la tabla 1 se relacionan características propias de cada PAC.

Tabla 1. Características de los PACs.

PAC	Altitud (m)	Área Total(ha)	Área café(ha)	Sombrío	Plantas/(ha)	Variedad Prevalente	Distancia siembra (m)
1	1932	0,9	0,8	SS	3600	Colombia	2,2
2	1600	6	1	SOM	6400	Colombia	1,6
3	1518	14,3	8,5	SOL	7700	Caturra	11,0
4	1781	3	1,2	SOM	4000	Mezcla	3,0
5	1430	0,9	0,7	SS	4000	Colombia	1,8

Fuente: Autor

Ubicación del Proyecto: el estudio se llevó a cabo en un ecotopo cafetero, localizado entre los 1400 y 1950 msnm, situado en las estribaciones de la Cordillera Oriental colombiana. Específicamente, el estudio se realizó en el ecotopo 204A, que cumple con las características del informe publicado por Gómez, Caballero y Baldión (1991), detalladas a continuación:

- Localización:
 - Cuencas de los ríos Buey, Arma, Pozo, Chambery, Maibá, La Honda.
 - Municipios: Retiro, La Ceja, La Unión, Montebello, Santa Bárbara, Abejorral, Sonsón (parte occidental), Aguadas, Pácora, Salamina, La Merced, Aranzazu, Filadelfia (parte).
 - Departamento: Caldas-Antioquia, Colombia.
 - Cartografía: Planchas 166, 167, 186, 187, 205 y 206.
 - Rango cafetero: 1300-2000 msnm.

Figura 1. Ecotopo 204A, Caldas.



Fuente: Elaboración propia.

Caficultura:

Modalidad de Cultivo: con sombrío de plátano y guamo. Existen algunos cafetales a plena exposición solar.

Épocas de Cosecha: Principal de Septiembre a Enero y mitaca en Mayo y Junio.

4.1. Tipo de investigación

Este proyecto de investigación es de tipo descriptivo no experimental (Gamboa,2013), dado que tiene como finalidad evidenciar sistemáticamente las variables sociales, económicas y ambientales de un grupo de objetos de investigación, pertenecientes a un entorno previamente seleccionado; en este caso 5 PACs pertenecientes a un mismo ecotopo, donde sólo se tuvieron en cuenta los

productores de café especiales, sin realizar una manipulación deliberada de estas variables. Lo anterior tiene como propósito último el elaborar un protocolo de mejora de rentabilidad y sostenibilidad de las PACs previamente mencionadas.

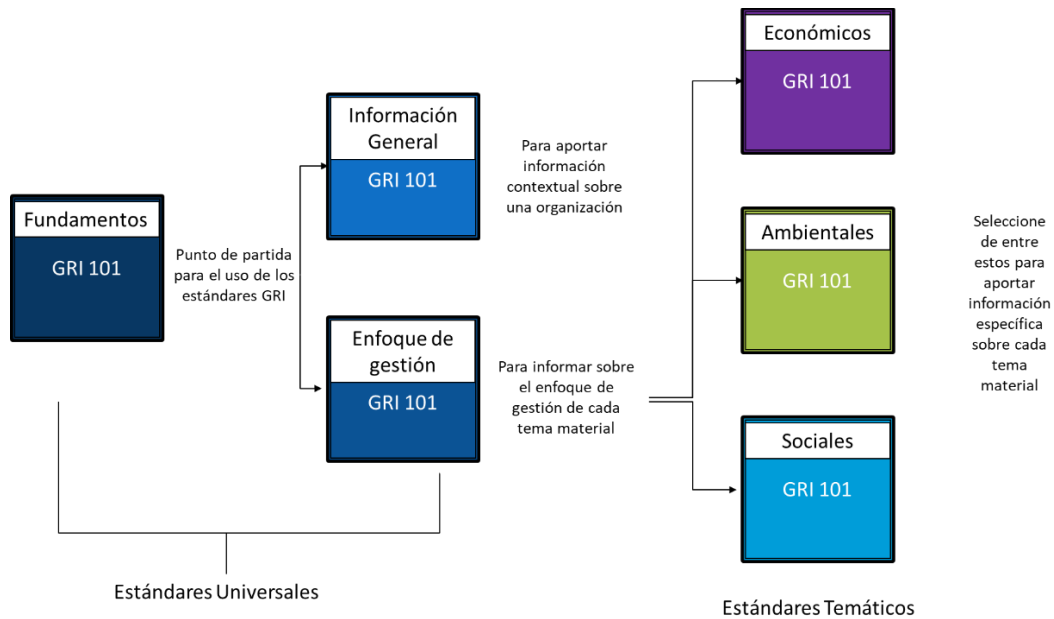
4.2 Instrumentos

A continuación, se describen los instrumentos, herramientas y/o metodologías para ejecutar a cabalidad cada uno de los objetivos y fases de la investigación propuesta.

4.2.1 Global reporting initiative

La iniciativa de reporte global (GRI), es una organización sin ánimo de lucro cuya finalidad es la elaboración de guías y memorias de sostenibilidad, para que las empresas adopten lineamientos y pautas cuantificables dentro de sus operaciones al medir, por medio de indicadores, su desempeño ambiental, económico y social (GRI, 2013). La guía GRI es un conglomerado de estándares recolectados desde el año de 1997 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con datos de empresas alrededor del mundo. Una descripción general del conjunto de estándares GRI se evidencia en la figura 2 (GRI, 2016).

Figura 2. Conjunto general de estándares GRI.



Fuente: Adaptado de GRI 101: Fundamentos 2016 (2016).

Para este proyecto, se determina la guía GRI como una de las principales herramientas y fuentes de información, ya que ésta es de ámbito global y goza de un enfoque totalmente integrado en materia de sostenibilidad y datos fidedignos (Olcese, 2009).

4.2.2 Data Envelopment Analysis

En complemento con lo anterior, autores como Activi y Podinovski (2015), Chediak y Valencia (2008), Cook, Tone y Zhu (2013), Cooper y Seiford (2011), Wang y Sueyoshi (2014) y Wu, Liu y Xia (2014) recomiendan el uso del DEA como modelo de optimización y selección, valiéndose de la medición de la eficiencia relativa que es comparable entre proyectos, empresas y cadenas de abastecimiento, entre otras. –La técnica DEA, es un método no paramétrico que permite determinar fronteras y evaluar la eficiencia relativa de una muestra de DMU's. Para García (2015) y Triantis (2004), es un proceso matemático que compara diferentes

opciones entre sí, acorde con sus entradas y salidas, las cuales requieren una optimización.

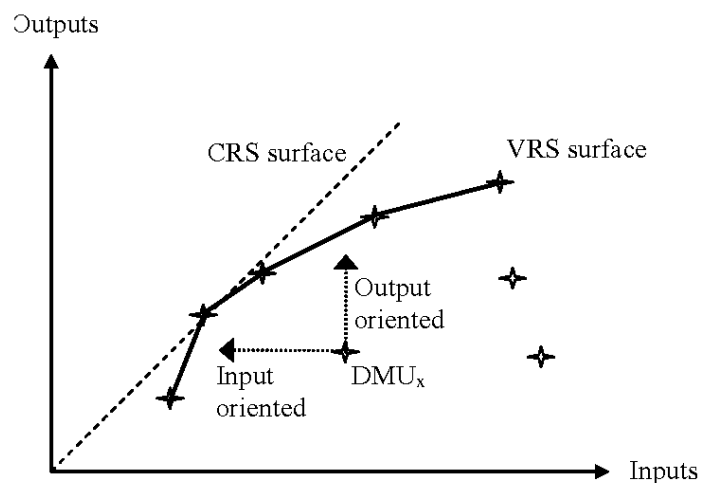
Generalmente se emplean dos supuestos de escala o superficies:

- El CRS, del inglés Constant Returns to Scale o Retornos de Escala Constante, que refleja el hecho de que las salidas cambiarán en la misma proporción que se cambian las entradas (por ejemplo, una duplicación de todas las entradas duplicará las salidas).
- El VRS, en inglés Variable Returns to Scale, o Retornos de Escala Variable, que muestra rendimientos que pueden ser crecientes, constantes y decrecientes a escala.

En la industria agrícola se han probado ambos supuestos de escala, donde los resultados entre el CRS y VRS no son muy distantes (Rodríguez y Pía, 2007). Para el proceso de esta investigación se elige el CRS, ya que las condiciones donde se desarrollan y operan los PACs, dentro del ecotopo, tienen características homogéneas, similares y constantes.

La figura 3 muestra superficies de envoltura (CRS y VRS) y orientación (Entradas o Salidas).

Figura 3. Superficies de envoltura y orientación - DEA



Fuente: Yilmaz & Harmancioglu (2007).

El manual DEA realizado por Cooper, Seiford y Zhu (2011) y las aproximaciones referidas por Zhu (2009), menciona que las DMU's (Decision Making Units) hacen referencia a las unidades o entidades que serán evaluadas en términos de la capacidad de convertir entradas (inputs) en salidas (outputs). El objetivo de DEA es medir la eficiencia de un DMU con relación a DMU's similares, para estimar una frontera de eficiencia que permite esclarecer mejores prácticas.

La razón de eficiencia es descrita en esencia como:

$$Eficiencia = \frac{Output}{Input} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Un DMU alcanza una eficiencia del 100% sí, y solo sí, ninguna de sus entradas o salidas se pueden mejorar sin empeorar alguna de sus entradas o sus salidas.

Hay dos aproximaciones para determinar la frontera eficiente, orientada a inputs y orientada a outputs.

Existen n DMUs a ser evaluadas. Cada uno, consume cantidades de m distintos inputs para producir ciertos niveles de s diferentes outputs.

Existen DMU_j (j unidades), que consumen una cantidad x_{ij} del input i y produce una cantidad y_{rj} del output r .

Se asume que $x_{ij} \geq 0$ y $y_{rj} \geq 0$, además al menos un input y un output es positivo en DMU_j .

La frontera de eficiencia empírica o "mejores prácticas" está determinada por esas n observaciones.

Dos propiedades de los modelos DEA aseguran que se puedan desarrollar una aproximación lineal por partes a la frontera de eficiencia y la zona dominada por la frontera.

- Propiedad de Convexidad:
 - $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}$ para todo $i = 1, 2, \dots, m$ y $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}$ para todo $r = 1, 2, \dots, s$ son posibles inputs y outputs alcanzables por la DMU_j ,

donde λ_j ($j = 1, 2, \dots, n$) son escalares nonegativos tales que $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$.

- Propiedad de ineficiencia:
 - Se pueden producir las mismas salidas utilizando más entradas.
 - Las mismas entradas puede usarse para producir menos salidas.

En el caso de esta investigación, y planteando lo descrito por Zhu (2009), se utilizará el modelo de DEA orientado a los inputs, el cual minimiza el uso de las variables de entrada con retorno de escala constante (CRS). El modelo se estructura desde una estancia de dos etapas:

- La primera hace referencia a la minimización de eficiencia θ desde un modelo orientado a entradas. Es decir que se logra con la máxima reducción de las entradas, a través de la θ^* optima. Las salidas se mantienen en sus niveles actuales (Banker, Charnes and Cooper, 1984):

$$\text{Función Objetivo : } \theta^* = \min \theta \quad \text{Ecuación (2)}$$

S. a.:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{Ecuación (3)}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s \quad \text{Ecuación (4)}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \text{Ecuación (5)}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ecuación (6)}$$

- Y la segunda hace referencia al uso del modelo de programación lineal, para determinar las posibles holguras con valor distinto a 0 que existen en el modelo de la primera etapa para cada DMU_j , permitiendo un desplazamiento dentro de la frontera de eficiencia (pueden reducir su valor

o mejorar en contraste con otra DMU_j) con la optimización realizada en las variables de holgura como se muestra a continuación:

$$\text{Funcion Objetivo : } \max (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^s s_r^+) \quad \text{Ecuación (7)}$$

S. a.:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad \text{Ecuación (8)}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s \quad \text{Ecuación (9)}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \text{Ecuación (10)}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad \text{Ecuación (11)}$$

Por consiguiente, la interpretación que se asocia y se utiliza como modelo en este proyecto se debe estructurar, teniendo 5 DMUs, 5 variables de entrada, 7 variables de salida y un retorno de escala constante (CRS), de la siguiente forma:

$$\text{Función Objetivo : } \min \theta - \varepsilon (\sum_{i=1}^5 s_i^- + \sum_{i=1}^7 s_r^+) \quad \text{Ecuación (12)}$$

S. a.:

$$\sum_{j=1}^5 \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{i0} \quad i = 1, 2, 3, 4 \text{ y } 5 \quad \text{Ecuación (13)}$$

$$\sum_{j=1}^5 \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \quad r = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ y } 7 \quad \text{Ecuación (14)}$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3, 4 \text{ y } 5 \quad \text{Ecuación (15)}$$

La tabla 2 describe una explicación más detallada para cada ecuación propuesta, mientras que la tabla 3 habla de las variables, índices y términos asociados a la descripción anterior para facilitar su interpretación.

Tabla 2. Tabla descriptiva de las ecuaciones asociadas al modelo en estudio.

Número de ecuación	Interpretación	Ecuación	Bibliografía
Ecuación 2	Minimiza la eficiencia θ (orientado a las entradas o consumo de estas), si $\theta = 1$ y es una solución factible entonces la eficiencia relativa θ^* es $\leq a 1$	$\theta^* = \min \theta$	Zhu (2009)
Ecuación 3	Garantiza la propiedad de convexidad para cada entrada, delimitando la eficiencia asociada a el valor de entrada consumido. Y la propiedad de ineficiencia al limitarlas por el valor de cada x_{i0} correspondido a cada DMU_j	$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0}$	
Ecuación 4	Garantiza la propiedad de convexidad para cada salida, delimitando el valor asociado a la salida producida. Y la propiedad de ineficiencia al limitarlas por el valor de cada y_{r0} correspondido a cada DMU_j	$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \leq y_{r0}$	
Ecuaciones 5 y 10	La sumatoria de los escalares no negativos debe ser igual a 1 para efectos de la convexidad en el modelo.	$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$	

Ecuación 6, 11 y 15	Garantiza escalares positivos o determina el valor del escalar no negativo para cada DMU j.	$\lambda_j \geq 0$	
Ecuación 7	Maximiza las posibles soluciones alternativas (holguras o slacks) al modelo de la primera etapa (teorema dual) con holguras diferentes a 0.	$\max (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{i=1}^s s_r^+)$	
Ecuaciones 8 y 13	Propiedad de Convexidad y Propiedad de Ineficiencia sumando las holguras en los inputs de cada i.	$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta x_{i0}$	
Ecuaciones 9 y 14	Propiedad de Convexidad y Propiedad de Ineficiencia restando las holguras en los outputs de cada r.	$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}$	
Ecuación 12	Modelo que busca minimizar el uso de las entradas (modelo orientado a las entradas), restando las posibles soluciones alternativas derivadas de las entradas y salidas diferentes a cero.	$\min \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^5 s_i^- + \sum_{i=1}^7 s_r^+ \right)$	

Fuente: Elaboración propia con interpretaciones extraídas de Zhu (2009).

Tabla 3. Variables e índices asociadas al modelo orientado a las entradas con retorno de escala constante CRS.

Criterio	Especificación	Observación
DMU_0	Representa una de las n DMUs en evaluación	Si se habla del PAC 5 su representación será DMU_5

x_{i0}	Es el consumo del i-ésimo input para la DMU_0 ; j tendrá valor de 0.	Si se habla del input número 1 su representación será x_{10} , tomando el valor del input correspondiente.
x_{ij}	Cantidad consumida del input i por la unidad j	
y_{r0}	Es el r-ésimo output del DMU_0 ; j tendrá valor de 0.	Si se habla del output 1 del PAC número 5, el valor correspondiente asignado será y_{10}
y_{rj}	Cantidad producida del output r por la unidad j	
λ_j	Escalar no Negativo, peso de evaluación para cada j .	Escalar no negativo mayor o igual a 0 para el DMU con valor j .
θ	Eficiencia orientada a los inputs	<ul style="list-style-type: none"> • θ^*, representa (orientada a la entrada) el puntaje de eficiencia de DMU_0 . Como $\theta=1$ es una solución (trivial) factible, entonces $\theta^*\leq 1$. • Si $\theta^*=1$, los valores actuales de los niveles de los inputs no se pueden reducir (DMU_0 está en la frontera). Si $\theta^*<1$, entonces DMU_0 está dominado por la frontera.
s_i^-	Representa las holguras o slacks en los inputs.	Teorema dual, se asocia al modelo primal de DEA

s_r^+	Representa las holguras o slacks en los outputs	orientado a las entradas. Indica cómo o en cuánto incrementar las salidas o reducir las entradas para tener una mayor eficiencia respectivamente.
ε	La presencia de ε no arquimediana en la función objetivo efectivamente permite la minimización sobre θ para evitar la optimización involucrando las holguras s_i^+ y s_i^- .	Es decir que se usa para consolidar la cota de eficiencia en este caso.

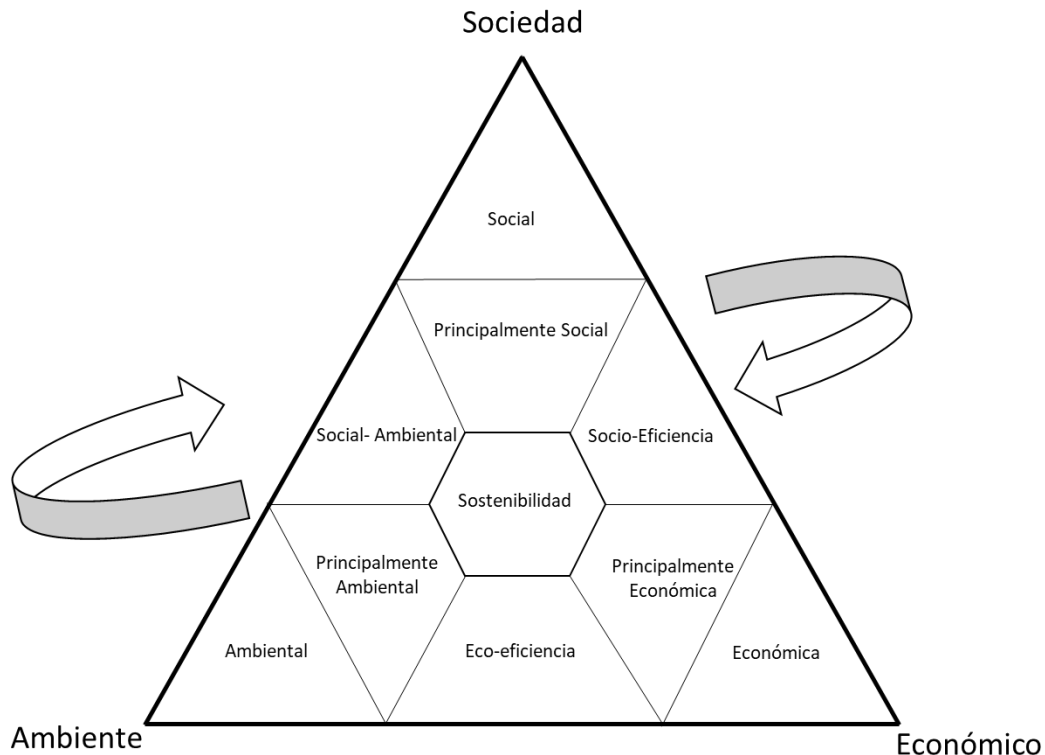
Fuente: Elaboración propia con interpretaciones extraídas de Zhu (2009).

4.2.3 Cuenta de triple resultado

El concepto del Triple Bottom Line (TBL) es un término para identificar e involucrar diferentes variables dentro de un sistema para poder minimizar un resultado no deseado o distorsionado y crear un valor económico, social y medioambiental alto (Sherman, 2012), dentro de una cadena, sistema, servicio o producto, como se muestra en la figura 4. La guía GRI utiliza el concepto de TBL para abordar la sostenibilidad en las empresas, como medio de adaptación (Cortés, 2017).

En referentes internacionales, investigadores de la temática recomiendan el uso del TBL (Cortés, 2017, García, 2015 y Sherman, 2012) con el objetivo de adoptar un componente sustentable en el momento de presentar un informe, plan o en el momento de adaptar un proceso con marco sostenible.

Figura 4. Concepto Triple Bottom Line.



Fuente: Adaptado de Egorov, Kudla, Elostá y Shan, 2012

4.2.4 Análisis de punto de equilibrio

El punto de equilibrio muestra la relación entre los montos de inversiones y el volumen de ventas necesario, para que una determinada empresa obtenga una rentabilidad en las operaciones; por lo general se le conoce como análisis del punto de equilibrio o relación Costo-Volumen-Utilidad (Martínez, 2010).

La importancia del análisis de punto de equilibrio consiste en predeterminar un monto o importe en el que la empresa no sufra pérdidas ni genere utilidades, punto donde las ventas son equiparables con los costos y gastos, logrando así la estimación de la cantidad de unidades a producir para que un proyecto empresarial sea rentable (Saldivar, 1999; Ospina, Duque y Farfán, 2003; Luzuriaga, 2015).

Existen diferentes formas de evaluar el punto de equilibrio que cualquier empresa puede aplicar, como el usado con relación a costos, basado en unidades de producción y en costos totales. (Martínez, 2010).

4.3 Etapas o fases de investigación

Esta investigación se desarrolló en cuatro etapas o fases, como se detalla a continuación, ilustradas en la tabla 4, donde relacionan estas fases, con los objetivos y el paso a paso de las mismas.

4.3.1. Fase 1. Contextualización de la investigación y revisión literaria.

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una búsqueda con las siguientes palabras claves o Keywords: DEA, TBL, agroindustria, café, sustentabilidad, eficiencia, modelos ambientales, responsabilidad social e indicadores de agroindustria, optimización y protocolo.

Los criterios de selección de los artículos, revistas y portales para elaboración del proyecto fueron: Literatura relacionada con café, aplicación de DEA en la agricultura cafetera, uso de TBL en industrias, cálculo y medición de eficiencia en proyectos agrícolas, aplicación de TBL y DEA en sectores productivos, análisis financiero, cálculo y medición de rentabilidad entre otros.

Las herramientas utilizadas para tal fin fueron bases de datos y/o motores de búsqueda, como Elsevier, ScienceDirect, Ebsco, Google Academic y Springer.

4.3.2. Fase 2. Identificación y medición de variables de sostenibilidad de los PACs pertenecientes al ecotopo.

Identificación de variables de sostenibilidad

Acorde con las indicaciones de la guía GRI (2006), se identificaron y midieron las variables para calcular los indicadores de las variables económicas, sociales y ambientales de cada uno de los PACs pertenecientes al ecotopo.

Medición y análisis de variables de sostenibilidad

Se estableció la comprensión y uso del TBL, enfocado en las características y variables de sostenibilidad para un PAC, asociando los pilares económico, social y medio ambiental. Teniendo como referente metodologías con contenido ecológico y resiliente como lo proponen Nyemeck, Sylla, Diarra y Nyambi (2003), y el uso de los reportes en la guía GRI (2006), se logró identificar variables de entrada y salida medidas en indicadores. El TBL permite agregar contenido sustentable y medible para una correcta caracterización de las variables en estudio.

Como complemento del objetivo específico, se compararon las eficiencias relativas para las 5 PACs o DMU's productoras de café diferenciado, con características similares, medibles con la herramienta DEA, como lo proponen varios autores (Worthington & Dollery, 2000; Cook, Tone & Zhu, 2013). Para que este análisis sea confiable, requiere de datos relativamente homogéneos y fidedignos para lograr cálculos veraces de las eficiencias (Actici & Podinovski, 2015; Chediak & Valencia, 2008; Kelly, Shalloo, Geary, Kinsella & Wallace, 2012; Perdomo & Hueth, 2011; Poudel, Yamamoto & Johnson, 2012). Se escoge esta metodología ya que permite, según variables de entrada y salida, obtener como resultado la eficiencia calculada para cada DMU en esta investigación. Los cálculos se hicieron con complementos de excel, los cuales son de uso gratuito y desarrollados por deafrontier.com y su programador Joe Zhu (2015).

Con los resultados determinados conforme con la metodología DEA, usando retornos de escala constante o CRS y su tratamiento matemático correspondiente, se calculó la eficiencia relativa e identificó las fincas más cercanas a la frontera de eficiencia.

4.3.3. Fase 3. Medición y análisis de variables de rentabilidad

Se determinó la rentabilidad haciendo uso de punto de equilibrio para las PACs durante los 6 meses analizados.

4.3.4. Fase 4. Análisis de resultados y elaboración de protocolo de mejoramiento.

Con los resultados obtenidos por el uso de las metodologías mencionadas, se realizó un protocolo que será usado como guía para mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de proyectos agrícolas cafeteros, en concordancia de la mejora continua y la agregación de valor al sector cafetero.

En la tabla 4 se presentan cada una de las fases con sus respectivos objetivos, los cuales son coherentes con los objetivos de la investigación anteriormente descritos.

Tabla 4. Fases de investigación.

Fases de investigación	Objetivos	Paso a paso de la fase
Fase 1. Contextualización de la investigación y revisión literaria.	Realizar una contextualización teórica y metodológica para la investigación, a la vez que se identifica y describe el objeto de estudio.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión de bibliografía teórica y metodológica. 2. Identificación del universo y muestra a ser usada en la investigación 3. Reconocimiento del Ecotopo.
Fase 2. Identificación, análisis y medición de variables de sostenibilidad de los PACs pertenecientes al ecotopo.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calcular los indicadores de las variables económicas, sociales y ambientales de cada una de las 5 PACs, haciendo uso de la GRI a lo largo de 6 meses. 2. Determinar y comparar los 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación y selección de variables a medir de acuerdo con el GRI. 2. Medición de variables de sostenibilidad de los PACs. 3. Elaboración y análisis de indicadores TBL.

	<p>indicadores de sostenibilidad actuales de las PACs por medio de la aplicación de DEA y TBL durante 6 meses.</p> <p>3. Calcular la eficiencia relativa de los PAC's e identificar las fincas con mayor proximidad a la frontera de eficiencia, teniendo un tiempo de seguimiento de 6 meses.</p>	<p>4. Cálculo y análisis de Eficiencia relativa DEA.</p>
<p>Fase 3. Medición y análisis de variables de rentabilidad.</p>	<p>Calcular la rentabilidad de los PAC's por punto de equilibrio durante 6 meses para contrastar el resultado entre cada uno de estos e identificar la finca con mayor relación de rentabilidad.</p>	<p>1. Aplicación y análisis de rentabilidad de punto de equilibrio.</p>
<p>Fase 4. Análisis de resultados y elaboración de protocolo de mejoramiento.</p>	<p>Elaborar un protocolo de mejora, acorde con los resultados obtenidos del DEA y TBL, con el fin de favorecer la rentabilidad y sostenibilidad semestral de las PACs.</p>	<p>1. Análisis de resultados del TBL, DEA y punto de equilibrio</p> <p>2. Elaboración de Protocolo.</p>

Fuente: Elaboración Propia.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Identificación de las variables de sostenibilidad.

Se identificaron las variables asociadas a criterios de sostenibilidad extractados de la guía de reporte global GRI.

Los criterios para la selección de las variables, medidas por indicadores cuantitativos, fueron:

- Que la información y los datos cuantitativos recolectados tengan relación con algún estándar en cumplimiento al marco de memoria sugerido por GRI (GRI,2016).
- Variables clasificadas según la cuenta de triple resultado (Balaguer y Caballero, 2012) cumpliendo con los medios para poder realizar una comparación objetiva para proyectos del sector agrícola. Ver Tabla 5.

Tabla 5. Variables extraídas conforme guía GRI y TBL.

Criterio de sostenibilidad	GRI Estándar	Aspecto	Variable	
			Principal	Unidad de medida
Económico	201-1	Clientes	Ventas Netas (EC1)	COP
	201-1	Proveedores de capital	Resultado operativo-EBITDA (EC7)	COP
	201-1	Proveedores	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)	COP
	201-1	Empleados	Gastos salariales (EC5)	COP
	201-1	Sector Público	Subsidios Recibidos (EC9)	COP

Ambiental	C-RE1	Materiales	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)	kg
	303-3	Materiales	Porcentaje material reciclado	kg
	C-RE1	Energía	Energías usadas por la organización para sus operaciones (EN3)	J
	303-1	Agua	Consumo total de agua (EN5)	lts
	306-2	Emisiones, vertidos y residuos	Residuos sólidos (EN11)	kg
	305-1	Emisiones, vertidos y residuos	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)	kg/m3
Social	401-1	Empleo	Colaboradores Masculinos contratado (LA1)	%
	401-1	Empleo	Colaboradores Femeninos contratado (LA1)	%
	102-7	Empleo	Colaboradores tiempo Parcial (LA1)	%
	102-7	Empleo	Colaboradores tiempo completo (LA1)	%
	102-8	Empleo	Colaboradores indefinidos (LA1)	%

	102-8	Empleo	Colaboradores temporales (LA1)	%
	C-CT1	Seguridad y salud	Número de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)	und

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Paternoster, 2011, Balaguer y Caballero, 2012 y GRI, 2016.

5.2 Medición y análisis de variables de sostenibilidad

5.2.1 Uso del instrumento Triple Bottom Line

Como metodología de reporte (Elkington, 2004) y herramienta de gestión empresarial para evaluar desempeño de las empresas en tres pilares, para estimación de la sostenibilidad (económico, ambiental y social), se recurrió a la Cuenta de Triple Resultado. Para Elkington (1997), las empresas solamente perdurarán en el tiempo si son económicamente viables, socialmente responsables y medioambientalmente sostenibles. Para ello, es imprescindible que las empresas no den exclusividad al factor económico, sino que se progrese a un triple reporte (Paternoster, 2011). Ello define que el TBL incentiva a las empresas que quieran ser rentables y sostenibles, al reporte constante por medio de indicadores (Chidiebele, 2014).

Con las variables extraídas de GRI, se procedió a medir las variables para 5 PACs del ecotopo. Se construyó una tabla con los tres criterios asociados al TBL, donde se clasificó cada variable establecida en la guía GRI, en uno de los 3 pilares con la información recolectada de cada uno de los PACs durante un periodo de seis meses (duración de una cosecha promedio). Los resultados se observan en la tabla 6, los cuales fueron comparados en las tres dimensiones como se evidencia en las gráficas.

Tabla 6. Tabla de variables.

Criterio de sostenibilidad	Variables		PAC				
	Principal	pesos colombianos COP	1	2	3	4	5
Económico (seis meses)	Ventas Netas (EC1)	COP	6.489.000,00	6.056.400,00	6.575.520,00	6.315.960,00	4.931.640,00
	Resultado operativo-EBITDA (EC7)	COP	2.972.008,00	2.688.368,00	3.523.949,00	4.014.927,00	2.200.932,00
	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)	COP	89.221,00	30.960,00	109.010,00	169.600,00	65.671,00
	Gastos salariales (EC5)	COP	477.306,00	540.714,00	337.085,00	288.673,00	591.566,00
	Subsidios Recibidos (EC9)	COP	3.862.500,00	3.605.000,00	3.914.000,00	3.759.500,00	2.935.500,00
Ambiental (seis meses)	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)	kg	7494,79	7839,58	33225,83	8699,38	6002,71
	Material reciclado	kg	702,68	1104,10	1502,91	1994,72	1022,45
	Energía usada por la organización para sus operaciones (EN3)	J	27876010,78	22360512,13	190064353,1	26832614,56	6913207,547
	Consumo total de agua (EN5)	Lts	38625	18025	49903,5	21617,125	7338,75
	Residuos sólidos (EN11)	kg	4548,09375	4244,8875	4608,735	4426,81125	3456,55125
	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)	kg CO2e/ha	4596	4872	6288	5340	7440
Social (seis meses)	Empleados Masculinos contratado (LA1)	pers.	2	2	8	3	1
	Empleados Femeninos contratado (LA1)	pers.	1	3	4	1	1

	Empleados tiempo Parcial (LA1)	%	67%	40%	67%	75%	50%
	Empleados tiempo completo (LA1)	%	33%	60%	33%	25%	50%
	Empleados indefinidos (LA1)	%	100%	40%	67%	50%	100%
	Empleados temporales (LA1)	%	0%	60%	33%	50%	0%
	Número de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)	acc/año	1	6	2	0	4

Fuente: Elaboración propia.

5.2.2 Comparación de variables y construcción de indicadores TBL.

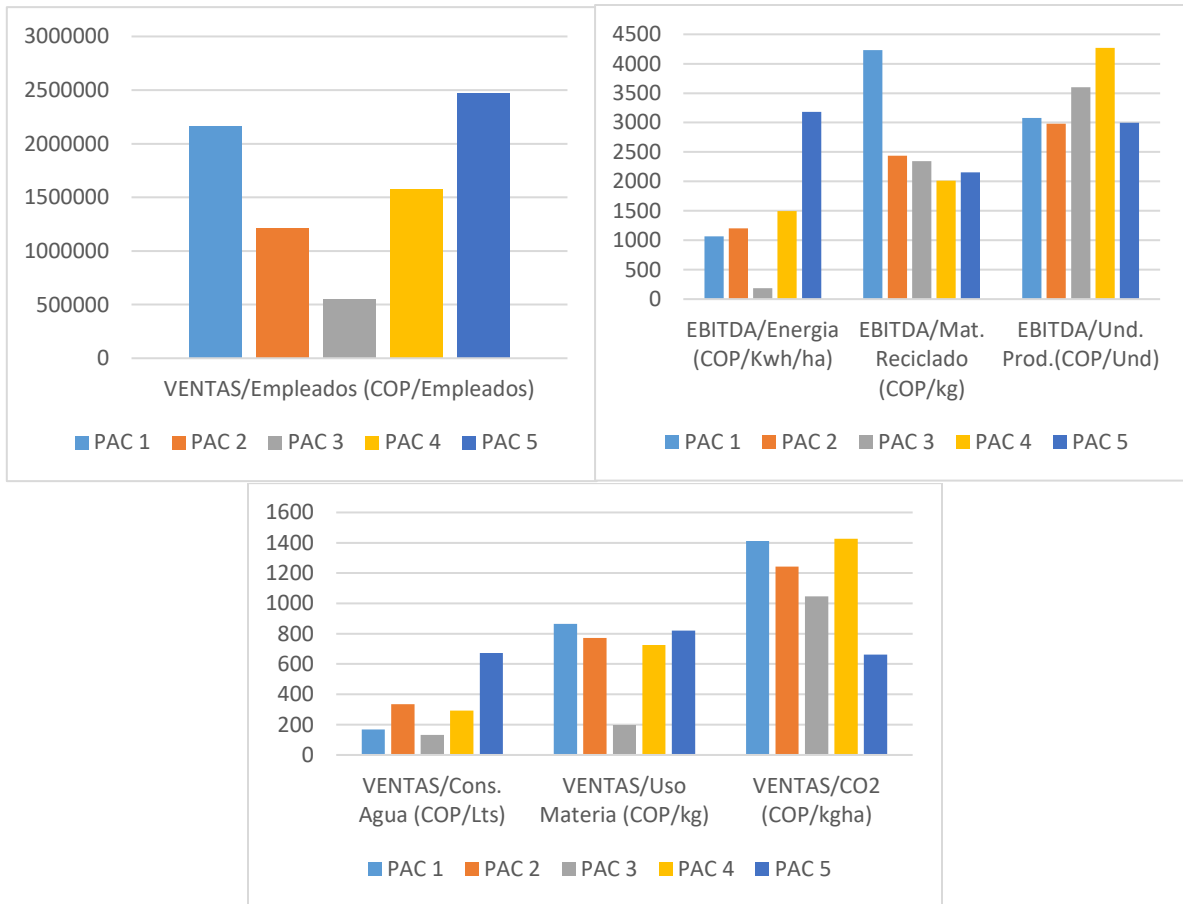
Se elaboraron indicadores para medir la sostenibilidad, siguiendo el procedimiento de Paternoster (2012). Su método se basa en la comparación de cada una de las variables construyendo indicadores. Inicialmente, se contrastan las variables de tipo económico y variables ambientales, variables económicas y sociales, finalizando al contrastar las variables sociales entre sí; este procedimiento se realizó con el fin de comparar todas las variables pertenecientes a los diferentes criterios de sostenibilidad, generando así indicadores con todas las alternativas posibles. Al terminar este método, se analizaron las tres dimensiones del TBL y se determinó el estado actual de sostenibilidad para cada PAC.

Para un mejor entendimiento del caso en estudio, se adicionó la variable de unidades producidas de café pergamino seco (kg de C.P.S por ha) para medir el efecto en el TBL y DEA.

5.2.2.1 Dimensión Económica

5.2.2.1.1 Ventas

Figura 5. Ventas vs. Variables ambientales y sociales



Fuente: Elaboración propia.

Se identifica que las ventas obtenidas por empleado son muy superiores para las PAC 1 y 5. Esto significa que estas dos PACs tienen una mejor gestión en cuanto al dinero percibido por sus ventas y la cantidad de empleados en nómina.

Las ventas generadas por cada Kwh/ha son notorias para el PAC 4, el cual es 3 veces mayor al de los PACs próximos. Se resalta que para la PAC 3 las ventas generadas por Kwh/ha usado es indiscutiblemente bajo, lo cual se puede explicar por el tipo de recolecta que se manejó (recolección manual alternada con máquina de recolecta), la acumulación de material orgánico y la gran extensión de hectáreas en el PAC.

La igualdad presentada en el indicador de ventas obtenidas por cada unidad producida se deriva del actual precio que maneja la FNCC de 6720 pesos por kg C.P.S.

Para el indicador de las ventas obtenidas por cada kilogramo de materia prima consumido, se refleja que para la PAC 3, es un monto muy bajo en comparación de las otras PACs evaluadas; su razón deriva de la gran extensión que tiene esta PAC para cultivo que no dio los rendimientos en producción esperados; por lo anterior, se evidencia una falencia en la práctica agrícola.

5.2.2.1.2 EBITDA

El EBITDA (Earnings Before Interest, Taxes Depreciation and Amortization) refleja el beneficio bruto calculado antes de realizar las deducciones en gastos financieros, por lo que fue necesario recurrir a los estados de resultados de cada PAC.

Esta variable se contrastó con las otras variables ambientales y sociales, ya que al realizarlo podría evidenciar una mejor percepción de los ingresos brutos contra los factores ambientales.

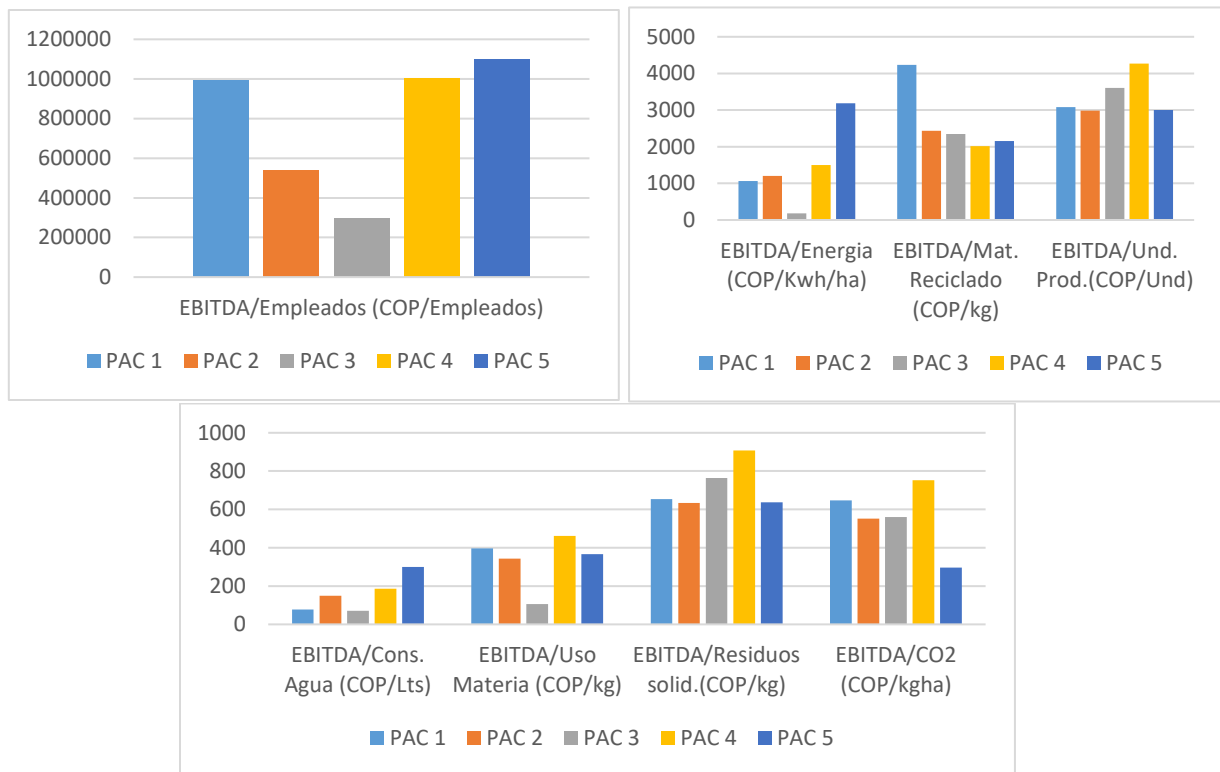
Una forma adicional para evaluar la eficiencia en rentabilidad es comparando el EBITDA con las ventas; dicho cálculo se presenta en la tabla 7. En términos de procesos operativos, se interpreta como la relación existente con el que cada empresa, por cada COP de resultado (antes de impuestos, intereses, depreciación o amortización), logra generar sobre cada COP en ventas (García Serna, 2009). Es decir que para la PAC 4, los costos incurridos en las operaciones comerciales son comparativamente más bajos; lo que la describe como la más rentable en sus operaciones diarias.

Tabla 7. Margen EBITDA.

PAC	EBITDA	Ventas	EBITDA/VENTAS
1	\$ 2.972.008,00	\$6.489.000	46%
2	\$ 2.688.368,00	\$6.056.400	44%
3	\$ 3.523.949,00	\$6.575.520	54%
4	\$ 4.014.927,00	\$6.315.960	64%
5	\$ 2.200.932,00	\$4.931.640	45%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. EBITDA vs Variables ambientales y sociales



Fuente: Elaboración propia.

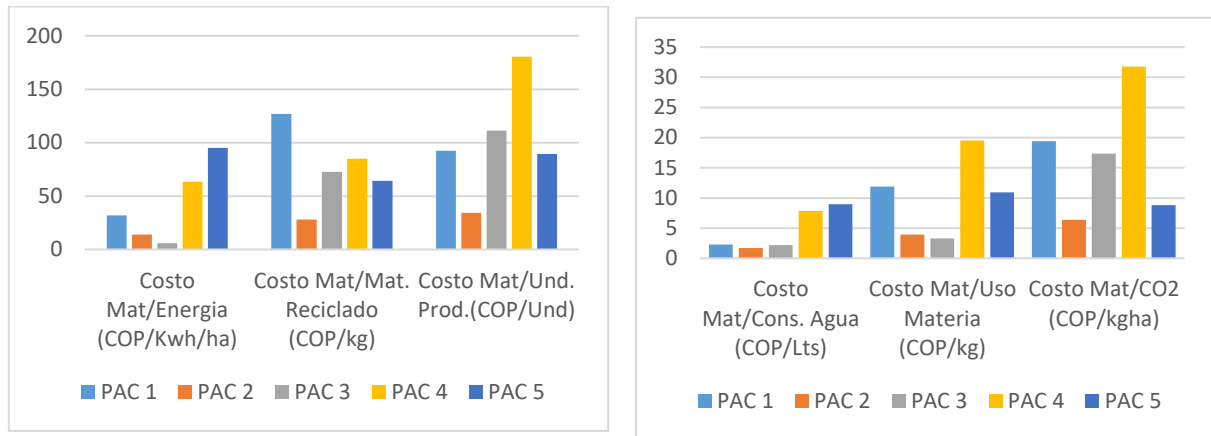
Se establece que el PAC con mejores indicadores ambientales y sociales contrastados contra su EBITDA es la 4, indicando congruencia con el **ma**árgen EBITDA. Posee una accidentalidad laboral nula, una generación de beneficio bruto similar a la PAC 1 y 5 por empleado, lo que significa una buena relación en cuanto al dinero percibido antes de impuestos y sus gastos administrativos (refiriéndose a la nómina). Es el segundo mejor PAC con relación al consumo de energía eléctrica y el primero en relación al consumo de agua, material que se recicla, generación de CO2, materias primas utilizadas y unidades producidas a razón de su EBITDA.

El PAC 3 posee indicadores a los cuales se debe prestar atención. Su gestión ambiental y social podría mejorar si se emplean estrategias que aborden una mejor

utilización de agua, mejor uso de la materia prima, uso adecuado de energía eléctrica, disminución de accidentes laborales y mejores políticas en cuanto a contratación o asignación de tareas relevantes que permitan perfeccionar los resultados contrastados con el EBITDA.

5.2.2.1.3 Costo Materia Prima

Figura 7. Costo de materia prima vs Variables ambientales y sociales.



Fuente: Elaboración propia.

Esta razón se interpreta en cómo cada cantidad de dinero invertido en materia prima, mayoritariamente entre insumos y abonos, se relaciona con cada variable social y ambiental. En los gráficos anteriores se muestran relaciones en donde a menor costo de materia prima, mayor eficiencia en cuanto a determinadas variables sociales y económicas. Algunos ejemplos de este tipo de relación son:

- La correspondencia entre el costo de la materia prima y el número de unidades producidas, en donde se evidencia mayor efectividad cuando por cada unidad generada, menor sea el gasto en materia prima. Al extrapolarlo a un contexto real, se traduciría en que un PAC eficiente, gastaría menos dinero en materia prima para generar una unidad de producción.
- Correspondencia entre costo materia prima y uso de esa materia. Para aumentar la efectividad de un PAC es más recomendable invertir menos dinero en insumos más aprovechables (por ejemplo, pagar 3COP por 1kg de abono aprovechable).

c) La relación entre costos de materia prima y material reciclado se refiere a la característica del PAC de poseer bajos costos de adquisición comparados con el material que se esté reciclando; es decir que la PAC está realizando una logística inversa de la cantidad de material reciclado que se traduce en un ahorro en el momento de aprovisionamiento y compra de materia prima. Se evidencia que para el PAC 2, por cada 28 pesos invertidos en materia prima se está aprovechando mayor cantidad de material reciclado, durante el proceso productivo convirtiéndolo a este PAC como el de mejor gestión -para este tipo de criterio.

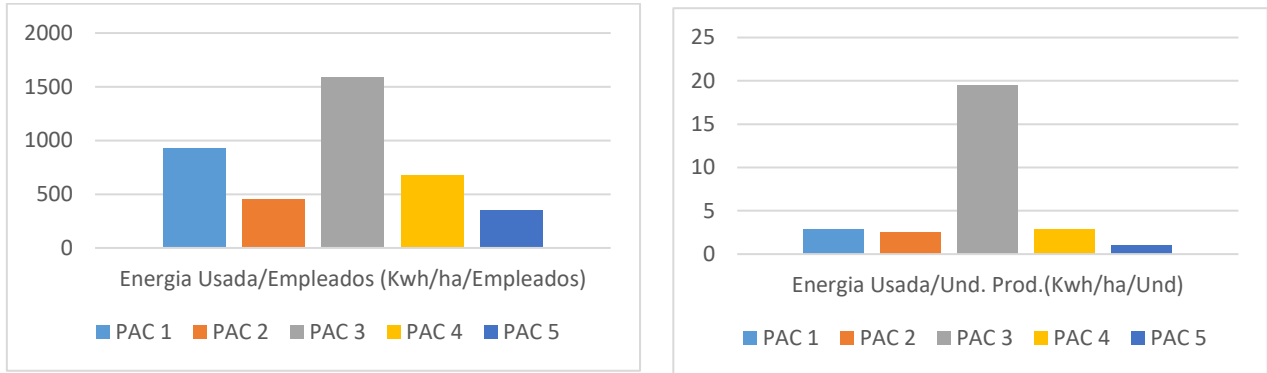
Por otro lado, se observan relaciones en donde a mayor costo de materia prima, mayor eficiencia en cuanto a determinadas variables económicas, unos ejemplos de estas relaciones son:

- a) La correspondencia entre el consumo de agua y el costo de la materia prima, en donde, a mayor dinero invertido en materia prima, menos litros de agua son utilizados. Un ejemplo de esta relación sería tomando de igual forma una PAC_x (que consume 1 Litro de agua por cada 10 COP invertidos en costos de materia prima) y una PAC_y (que consume 1 Litro de agua por cada 2 COP invertidos en costos de materia prima); cuando la PAC_x invierte 20 COP en materia prima, consumirá 2 litros de agua, contrario a la PAC_y que, al invertir 20 COP, tenderá a consumir 10 Litros.
- b) La correspondencia entre el consumo de energía y el costo de la materia prima, en donde, a mayor dinero invertido en materia prima, menos Kwh*H son utilizados.
- c) La correspondencia entre el CO₂ producido y el costo de materia prima.

5.2.2.2 Dimensión Ambiental

5.2.2.2.1 Energía usada

Figura 8. Energía Usada vs. Variables sociales.



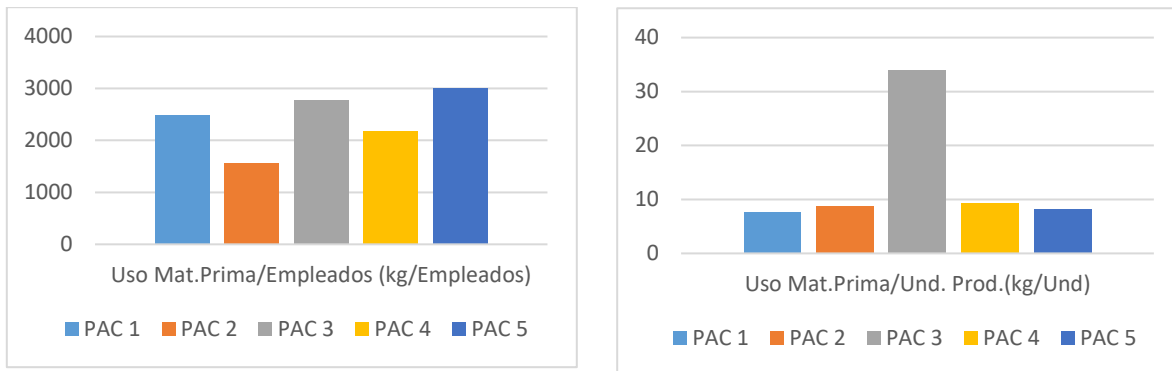
Fuente: Elaboración propia.

Se describen en forma de indicadores las razones ambientales relevantes. Para esta dimensión se establece la variable energética contrastada con variables sociales descritas en la GRI.

En el primer indicador se evidencia un consumo alto de energía eléctrica por empleado en el PAC 3, lo que significa una oportunidad de mejora en cuanto el uso de electricidad en el predio. Este mismo PAC tiene los mayores índices de accidentalidad, que se debe interpretar, no en disminuir el consumo sino intentar reducir la cuota de accidentes de trabajo. Igualmente, en el último indicador se denota gran consumo energético por cada unidad producida. El proceso de siembra y transformación de café cereza a C.P.S en este PAC 3, involucra maquinaria que no está siendo utilizada de forma sostenible, involucrando altos consumos energéticos en relación con su producción.

5.2.2.2.2 Uso materia Prima

Figura 9. Uso de materia prima vs. Variables sociales.



Fuente: Elaboración propia.

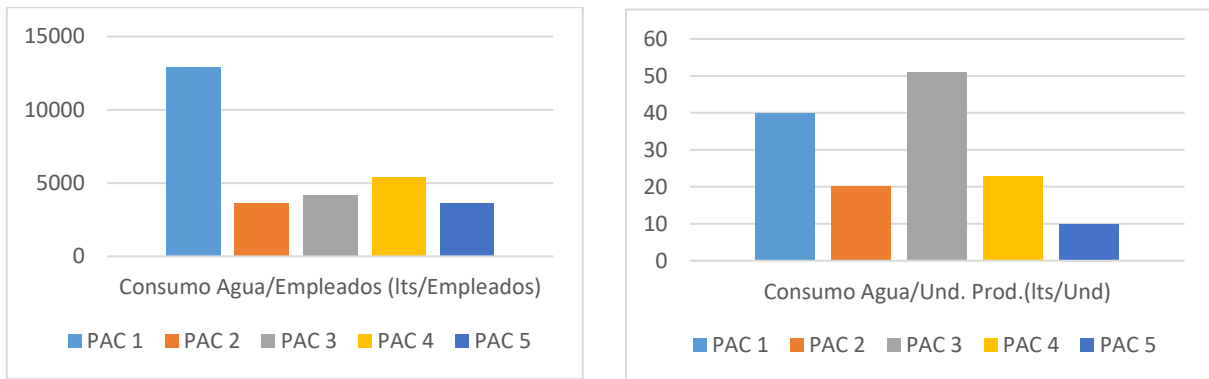
La materia prima utilizada en el proceso productivo del cultivo de café, en su mayoría, se refiere a los abonos y materiales orgánicos (para la siembra de café orgánico y diferenciado) utilizados por los caficultores. También se encuentra guadua, estacos de madera, arena lavada de río, tierra, bolsas plásticas y de ser requeridos plaguicidas de baja toxicidad. Este criterio es relevante ya que incluye criterios de cosecha, siembra y recolección. Su correcta gestión determina una variable de diferenciación para cada PAC.

Los PACs 1, 3 y 5 muestran un mayor uso de materia prima en relación con sus empleados; se puede interpretar que los colaboradores en esos PACs utilizan en mayor proporción los recursos para siembra y cosecha, contrastando con los PACs 2 y 4, lo que dice que hay una mejor gestión de uso por parte de estos dos últimos PACs.

Los accidentes, como se describió en numerales anteriores, se deben interpretar como la oportunidad de reducción de la accidentabilidad laboral. Si un colaborador se accidenta, otro deberá asumir su responsabilidad temporalmente, incrementando sobrecostos y cuellos de botella en otros procesos (siembra, recolección, secado, entre otras).

5.2.2.2.3 Consumo Agua

Figura 10. Consumo de agua vs. Variables sociales.



Fuente: Elaboración propia.

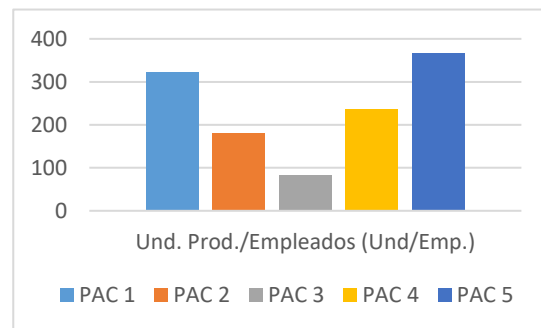
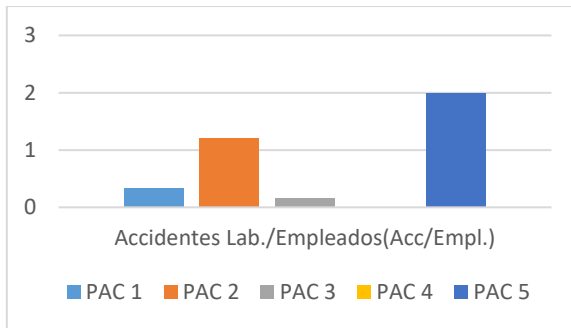
En esta relación se analizan oportunidades de mejora para la PAC 1, su consumo por empleado casi triplica el consumo realizado por los otros PACs durante el proceso productivo. Se debe buscar la causa por la cual se genera mayor impacto (fugas de agua, mala administración del recurso, sobre utilización, etc).

El PAC 3 tiene la mayor cuota de consumo de agua por unidad producida, seguida por el PAC 1. Se deben revisar las políticas en gestión ambiental y puntualmente la de uso de agua. En algunos casos no es suficiente con el agua proveniente de la lluvia, por lo que es necesario realizar riegos adicionales durante la cosecha y siembra.

5.2.2.3 Dimensión Social

5.2.2.3.1 Empleados

Figura 11. Variables sociales vs. Empleados.



Fuente: Elaboración propia.

Al contrastar la dimensión social se analiza que los PACs 2 y 5 tienen mayor margen por mejorar en cuanto a la implementación de estrategias relacionadas a HSE (Health, Safety and Environment), al poseer los indicadores con mayor índice de accidentabilidad por empleado. Los PACs que mejor relación tienen en cuanto a las unidades producidas por empleado son las PACs 5 y 1. Lo ideal correspondería a que las PACs 2, 4 y sobre todo la 3, mejoren estas tasas.

5.2.2.4 Ponderación sostenible

Los indicadores construidos en el TBL por sí solos no establecen claramente un nivel de sostenibilidad de las PACs. No existe un instrumento con el cual se puedan contrastar los indicadores obtenidos para el ámbito agrícola. Por lo tanto, se propone una escala de medición de nivel de sostenibilidad tomando en cuenta los valores máximos y mínimos obtenidos en los registros de los PACs.

Con la medición realizada en los numerales anteriores, se estableció una aproximación del estado sostenible actual de cada PAC, utilizando la escala en la tabla 9. Este procedimiento buscó la evaluación del nivel de sostenibilidad acorde con el reporte GRI y los criterios de evaluación sostenible estipulados por Rodríguez y Ríos (2016). Para conocer la validez y confiabilidad de esta escala, se calculó el alfa de Cronbach. George y Mallery (2003) sugieren las recomendaciones que se muestran en la tabla 8, para evaluar los indicadores de alfa de Cronbach.

Tabla 8. Indicador de evaluación de alfa de Cronbach.

Coeficiente alfa	>	0,9	Excelente
Coeficiente alfa	>	0,8	Bueno
Coeficiente alfa	>	0,7	Aceptable
Coeficiente alfa	>	0,6	Cuestionable
Coeficiente alfa	>	0,5	Pobre
Coeficiente alfa	<	0,5	Inaceptable

Fuente: Tomada con fines académicos de George y Mallery (2003).

El resultado para medir la confiabilidad de la escala, que posteriormente dará una clasificación de la sostenibilidad actual en los PACs en sus diferentes indicadores sociales, ambientales y económicos, tiene un coeficiente alfa de Cronbach de 0,811, como lo revela la tabla 9. Este valor se calculó con el software estadístico SPSS versión 25.

Tabla 9. Alfa de Cronbach para medir la fiabilidad de una escala de medida.

Estadísticas de fiabilidad		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	No. de elementos
0,811	0,798	36

Fuente: Autor.

El fin de la escala es dar una clasificación y medición del nivel de sostenibilidad actual, por lo que se recurre a la ponderación de 1 a 5, en donde estas calificaciones cuentan con un intervalo o rango construido de acuerdo con los valores mayores y menores de cada uno de los indicadores obtenidos por los 5 PACs (ver figura 20). Es decir que, se clasificó cada PAC dependiendo de los valores en sus indicadores de sostenibilidad registrados en numerales anteriores, tomando como referencia únicamente los valores obtenidos por la muestra (ver tabla 10). Posteriormente, se calculó el nivel general de sostenibilidad realizando un promedio de las calificaciones obtenidas en cada indicador (ver tabla 11).

Tabla 10. Escala para medición del nivel de sostenibilidad.

Clasificación	Nivel de sostenibilidad				
	Incipiente	En desarrollo			Madura
Código	1	2	3	4	5

Fuente: Tomada con fines académicos de Rodríguez y Ríos (2016)

Tabla 11. Estado de sostenibilidad.

		PAC 1	PAC 2	PAC 3	PAC 4	PAC 5
Económico	VENTAS/Empleados (COP/Empleados)	5	3	2	4	5
	VENTAS/Cons. Agua (COP/Lts)	2	3	1	3	5
	VENTAS/Energía (COP/Kwha)	2	2	1	2	5
	VENTAS/Uso Materia (COP/kg)	5	5	2	5	5
	VENTAS/Residuos solid.(COP/kg)	5	5	5	5	5
	VENTAS/CO2 (COP/kgha)	5	5	4	5	3
	VENTAS/Und. Prod.(COP/Und)	5	5	5	5	5
	EBITDA/Empleados (COP/Empleados)	5	3	2	5	5
	EBITDA/Cons. Agua (COP/Lts)	3	5	2	5	5
	EBITDA/Energía (COP/Kwh*ha)	2	2	1	3	5
	EBITDA/Uso Materia (COP/kg)	5	4	2	5	4
	EBITDA/Mat. Reciclado (COP/kg)	5	3	3	3	3
	EBITDA/CO2 (COP/kgha)	5	4	4	5	2
	EBITDA/Und. Prod.(COP/Und)	4	4	5	5	4
	Costo Mat/Cons. Agua (COP/Lts)	2	1	2	5	5
	Costo Mat/Energía (COP/Kwh*ha)	2	1	1	4	5
	Costo Mat/Uso Materia (COP/kg)	2	4	5	1	3
	Costo Mat/Mat. Reciclado (COP/kg)	1	4	3	2	3
	Costo Mat/CO2 (COP/kgha)	4	2	3	5	2
Costo Mat/Und. Prod.(COP/Und)	3	5	2	1	3	
Ambiental	Energía Usada/Empleados (Kwh*ha/Empleados)	3	4	1	3	4
	Energía Usada/Und. Prod.(Kwh*ha/Und)	5	5	1	5	5
	Uso Mat.Prima/Empleados (kg/Empleados)	1	3	1	2	1
	Uso Mat.Prima/Und. Prod.(kg/Und)	4	4	1	4	4
	Consumo Agua/Empleados (Its/Empleados)	1	4	4	3	4
	Consumo Agua/Und. Prod.(Its/Und)	1	4	1	3	5
Social	Accidentes Lab./Empleados(Acc/Emp.)	5	3	5	5	1
	Und. Prod./Empleados (Und/Emp.)	5	3	2	4	5
Total promediado		3	4	3	4	4

Fuente: Autor.

Al comparar los indicadores de sostenibilidad únicamente entre estos 5 PACs, se encuentra que las fincas están clasificadas en un nivel “en desarrollo” (Rodríguez y Ríos, 2016). Por lo anterior, se evidencian oportunidades para mejorar los

indicadores de sostenibilidad en todas las fincas, resaltando especialmente los PACs 1 y 3.

5.2.3 Uso de instrumento Data Envelopment Analysis

DEA es una importante metodología de optimización que permite determinar mejores prácticas y selección de alternativas al comparar diferentes entidades, determinando la eficiencia de cada una (Cooper et al, 2011). En este proyecto se determinó para las PACs su habilidad para transformar sus variables de entradas en salidas y estimar una frontera de mejores prácticas (eficiencia relativa).

También, la escogencia del DEA para integrar variables propias del concepto TBL (variables sociales, ambientales y económicas) es adecuado, ya que por metodología y técnica según Cooper (2011), y tomando como ejemplo el trabajo realizado por Cortés (2017) en cadenas de suministro, se es pertinente aplicarlo cuando no se conocen relaciones entre las entradas y salidas. En este caso se evidencia que todos los componentes seleccionados, como entradas y salidas, son cuantificables y su relación directa no se ha medido en procedimientos anteriores.

En el numeral 4.2.2 se describió en qué consiste la aproximación del modelo que se aborda para el efecto de esta investigación (DEA orientado a entradas y retorno de escala constante o CRS). El cálculo y resultados del DEA fueron realizados en Excel, con la plantilla de uso libre desarrollado por Zhu “DEAFrontier”, disponible en <http://www.deafontier.net/deafree.html>. Los inputs y outputs se resumen en la tabla 12.

Tabla 12. Inputs y Outputs establecidos.

i	Inputs	r	Outputs
1	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)	1	Ventas Netas (EC1)
2	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)	2	Resultado operativo-EBITDA (EC7)
3	Consumo total de agua (EN5)	3	Material reciclado
		4	Residuos sólidos (EN11)
4	Energía usada por la organización para sus operaciones (EN3)	5	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)
		6	Producción de café pergamino
5	Cantidad de Empleados	7	Número de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)

Fuente: Autor.

El anexo C, describe los datos pertenecientes a cada uno de los PACs y cómo las variables extractadas del GRI actúan como entradas o salidas en el modelo propuesto.

De los resultados obtenidos en el anexo D se realiza el siguiente análisis:

- El modelo, al ser orientado a las salidas, determina que los PACs 1, 2, 4 y 5 se encuentran en la frontera de eficiencia. El PAC 3 reporta una eficiencia de 49,63%. El PAC 3 tiene menor habilidad para obtener mejores niveles de eficiencia, dadas las condiciones sociales, ambientales y económicas.
- La sumatoria de lambdas indica el valor que debe tomar lambda como escalar que acompaña cada DMUj (para este caso cada PAC) y poder hallar una solución óptima dentro de la frontera de eficiencia. Este índice representa la suma de las ponderaciones para cada unidad evaluada en el modelo con rendimientos constantes. Una suma de lambdas igual a 1 indica que las unidades PAC 1, 2, 4 y 5 opera en la zona de rendimientos constantes a escala, mientras que, si la suma es mayor que 1, como en el caso de la PAC 3, la unidad opera con rendimientos decrecientes. Esto indica un tamaño inadecuadamente elevado del PAC 3 en su gestión sostenible y rentable (García & Gonzales, 2019).
- Para el PAC 3, el cual es ineficiente o maneja las peores prácticas, se determinan dos marcos de referencia, el PAC 2 y el PAC 5. La lambda óptimo en cada uno de los casos es 1,062 y 0,323, valores que deberá tomar el PAC 3 si quiere alcanzar los niveles de la PAC 5 y 2.

En los anexos E y F se indica cómo o en cuánto incrementar las salidas o reducir las entradas para tener una mayor eficiencia respectivamente. El modelo establece el mínimo consumo de las entradas (input-oriented), los valores calculados de cada holgura (comúnmente interpretado como la cantidad de recurso no usado, determinado por la segunda fase del modelo; ver 4.2.2) para cada PAC en las entradas y salidas correspondientes,

Es decir, que para este proyecto las holguras en los inputs que deben ser reducidas para el PAC 3 responden a:

- Reducción en el uso de materia prima en 6.225,63 kg.
- Disminuir el consumo de energía en 6.835,39 kwh/ha.
- Disminuir el consumo total de agua en 3.255,67 lts.

Mientras que las holguras en los outputs responden al aumento en cada variable de salida para la PAC 3 de la siguiente forma:

- Incrementar las ventas en 1,449 millones de COP.
- Generar más de 1.016,09 kg en residuos sólidos.
- Aumentar la emisión de CO2 en 1.290,407 kg/ha.
- Producir adicionalmente 215,73 kg de C.P.S.

El modelo establece un objetivo-target de eficiencia ideal en cuanto a las variables de entrada y salida para cada una de los PACs en evaluación. Ver Anexo C y D.

En estas tablas G y H, los valores para los PACs con eficiencias se mantienen iguales. En el caso del PAC 3, podría alcanzar la eficiencia relativa si sus entradas y salidas estuvieran con los valores descritos en los anexos A y B.

Lo anterior correspondió a las asociaciones de cada uno de los criterios enunciados por el TBL. Ahora, se muestran asociaciones (Ver tabla 13) para interpretar si existen relaciones fuertes que puedan afectar la eficiencia anterior de cada PAC. Se utilizó el mismo modelo DEA.

Tabla 13. Tipo de asociación para construcción de nuevos DEA.

DEA	Tipo de entradas		Tipo de salidas
1	Económicas	vs	Ambientales
2	Ambientales	vs	Económicas
3	Sociales	vs	Ambientales
4	Sociales	vs	Económicas

Fuente: Autor.

5.2.3.1. DEA 1

Entradas: Costos de materia prima.

Salidas: Material reciclado, residuos sólidos y Emisión de CO2.

Tabla 14. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 1

DMU No.	DMU Name	Input-Oriented	Sum of		Optimal Lambdas	
		CRS Efficiency	lambdas	RTS	with Benchmarks	
1	PAC 1	0,37179	1,071	Decreasing	1,071	PAC 2
2	PAC 2	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 2
3	PAC 3	0,38660	1,361	Decreasing	1,361	PAC 2
4	PAC 4	0,32980	1,807	Decreasing	1,807	PAC 2
5	PAC 5	0,71993	1,527	Decreasing	1,527	PAC 2

Fuente: Autor.

Interpretación: En este sentido la eficiencia de los PACS 1, 3, 4 y 5 se reduce drásticamente. En la única donde la relación es igual al primer modelo es en el PAC 2.

5.2.3.2. DEA 2

Entradas: Uso de materia prima, energía usada por la organización y consumo de agua.

Salidas: Ventas Netas y EBITDA.

Tabla 15. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 2.

DMU No.	DMU Name	CRS	Sum of		Optimal Lambdas	
		Efficiency	lambdas	RTS	with Benchmarks	
1	PAC 1	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 1
2	PAC 2	0,92666	1,144	Decreasing	0,265	PAC 1
3	PAC 3	0,32003	1,650	Decreasing	0,271	PAC 4
4	PAC 4	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 4
5	PAC 5	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 5

Fuente: Autor.

Interpretación: Se puede decir que existe una relación fuerte con estos criterios de entrada y salida (Variables ambientales vs. económicas) ya que para los PACs 1, 4

y 5 la eficiencia no cambia. En la PAC 2, aunque la eficiencia baja menos de 10 puntos porcentuales sigue cercana a la frontera de eficiencia. La eficiencia en el PAC 3 disminuye en comparación al modelo original.

5.2.3.3. DEA 3

Entradas: Empleados.

Salidas: Material reciclado, Residuos sólidos y Emisiones de CO2.

Tabla 16. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 3.

DMU No.	DMU Name	Input-Oriented	<i>Sum of lambdas</i>		<i>RTS</i>	<i>Optimal Lambdas with Benchmarks</i>
		CRS Efficiency				
1	PAC 1	0,87719	1,316	Decreasing		1,316 PAC 5
2	PAC 2	0,49123	1,228	Decreasing		1,228 PAC 5
3	PAC 3	0,24499	1,470	Decreasing		1,470 PAC 5
4	PAC 4	0,97546	1,951	Decreasing		1,951 PAC 5
5	PAC 5	1,00000	1,000	Constant		1,000 PAC 5

Fuente: Autor.

Interpretación: El único PAC que conserva la totalidad de eficiencia es el 5, muy cerca a esta eficiencia se encuentra el 4. Las demás eficiencias se reducen significativamente.

5.2.3.4. DEA 4

Entradas: Empleados

Salidas: Ventas netas, Resultado EBITDA y producción.

Tabla 17. Matriz de Eficiencia para modelo DEA 4.

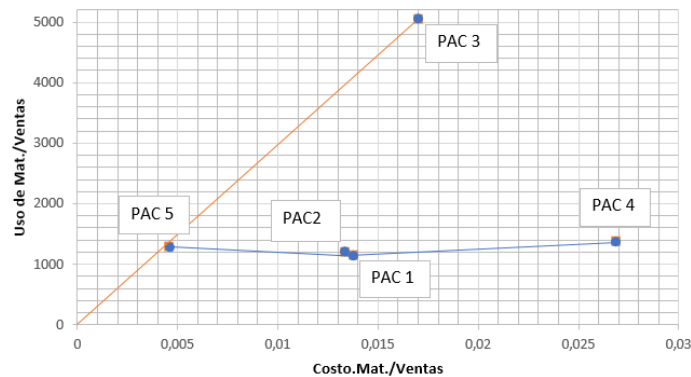
DMU No.	DMU Name	Input-Oriented	<i>Sum of lambdas</i>		<i>RTS</i>	<i>Optimal Lambdas with Benchmarks</i>	
		CRS Efficiency					
1	PAC 1	0,90023	1,350	Decreasing	1,350	PAC 5	
2	PAC 2	0,49123	1,228	Decreasing	1,228	PAC 5	
3	PAC 3	0,31214	1,873	Decreasing	1,873	PAC 5	
4	PAC 4	0,91210	1,824	Decreasing	1,824	PAC 5	
5	PAC 5	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 5	

Fuente: Autor.

Interpretación: LA PAC 5 guarda la misma eficiencia que en el modelo original. Para los PAC 4 y 1 se determina que este tipo de entradas y salidas disminuyen, en menos del 10%, la eficiencia relativa.

De lo anterior se concluye que, solo la PAC 5 es capaz de mantener sus niveles de eficiencia iguales, guardando relaciones fuertes entre salidas y entradas (cada una de las variables económicas, ambientales y sociales). También se concluye que los factores ambientales al ser considerados como entradas (uso de materia prima, energía y agua consumida) en conjunto con las salidas económicas (ventas netas y EBITDA) son variables que guardan una relación de asociación muy directa y fuerte, influenciando en gran medida el modelo original. Como orientación gráfica (Córdova y Alberto2018), en la figura 12 se representó la frontera de eficiencia (en azul) para el caso de dos inputs (costo de materia prima y uso de materia prima) y un output (Ventas netas) junto con el retorno de escala constante CRS (en naranja) para una PAC. Los resultados son consecuentes con los datos evidenciados en el numeral 5.2.3.2. De la figura 12 se observa que los PACs 1, 4 y 5 conforman la frontera de eficiencia; el PAC 2 se aproxima a esta frontera de eficiencia, tomando como DMUs de referencia a los PAC 1 y 5. El PAC 3 se ubica en una posición mucho más distante, con retorno de escala decreciente y toma como referencia el PAC 5.

Figura 12. Frontera eficiente para el caso de dos inputs y un output.



Fuente: Autor

5.2.3.5. Análisis de sensibilidad

Una de las posibilidades que permite la aplicación del DEA, es contrastar los resultados de los PACs eficientes e ineficientes, creando así oportunidad de identificar qué cambios deben realizarse en las entradas o salidas de los PACs poco eficientes para acercarlos o transformarlos en eficientes.

Se puede utilizar el procedimiento donde se realiza un análisis de sensibilidad que permite identificar para cada PAC ineficiente, en cuánto debería incrementar sus variables de salida, o en cuánto reducir cada recurso de entrada con el fin de alcanzar la eficiencia (de Blas, Coello y Marín, 2007). Este análisis permitirá reconocer también cómo podrían aumentar la rentabilidad (incremento directo en la utilidad) y la sostenibilidad (reducción en variables ambientales, sociales y económicas) para un proyecto cafetero en el ecotopo 204A.

Según la propuesta, para la competitividad de la actividad cafetera (FNCC, 2014), la rentabilidad de la actividad agrícola cafetera es posible, si se incrementa productividad y eficiencia. Por tal razón el análisis de sensibilidad que se realiza debe estar asociado al número de unidades producidas por cada PAC.

El valor de los datos utilizados en el análisis, parten de los resultados obtenidos por las holguras halladas en el modelo inicial (ver anexo E) y los correspondientes targets de eficiencia (ver anexo G) estimados para que el PAC 3 tuviera una

eficiencia relativa de 1. Cada uno de los valores se refiere a un caso diferente, es decir que solo se modificó una variable por modelo.

En este caso (ver tabla 18), se realizó el análisis de sensibilidad para el PAC 3, en el cual se estimó en primer lugar, la variación de la energía utilizada. Se evidencia que, con una reducción a 6,835,4 Kwh/ha, se da un aumento en la cantidad de unidades producidas de 215,73 kg de C.P.S adicionales. En términos de rentabilidad, se estimaría en 1.449.705,6 COP.

Posteriormente, se realizó la variación para el costo de materias primas, reduciendo su consumo a 54.103,7 COP por hectárea. Si se realiza este cambio, la rentabilidad aumentaría en 1.668.508,8 COP, produciendo 248,29 unidades adicionales.

Por último, si el PAC 3 realiza una reducción en su nómina a 6 empleados y hace uso de herramientas que reemplacen la mano de obra, deberían producirse 197,57 unidades, que afectarían a la rentabilidad en 1.327.670,4 COP adicionales.

Cabe aclarar que la reducción y variación en estas variables, mejorarán los indicadores sostenibles y posteriormente la clasificación de sostenibilidad a largo plazo en los PAC.

Tabla 18. Modificación en las variables sensibilizadas.

Variable	Valor modificado por sensibilización	Variación frente a la original	Unidades a producir	Utilidad adicional
Energía usada (kw/ha)	6835,40	64%	215,73	\$ 1.449.705,60
Costo de materias primas \$/ha	54103,70	50%	248,29	\$ 1.668.508,80
Número de empleados (empl.)	6,00	50%	197,57	\$ 1.327.670,40

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de este análisis de sensibilidad se aproxima a los lineamientos establecidos por la FNCC (Cardona, 2017) y su reto de aumento en la producción de los caficultores en 21 sacos de café de 60 kg por hectárea o 1.260 kg C.P.S. El PAC 3 se encuentra, en este momento, en 978 kg de C.P.S.

5.3.2.9. Estrategias

Para que la PAC 3 alcance esta meta de productividad y rentabilidad, se sugieren implementar estrategias reconocidas por La Federación Nacional de Cafeteros en su informe gerencial “Estrategia Más Agronomía, Más Productividad” (FNCC, 2018), enfocado a la rentabilidad del cultivo y su aumento en la productividad de aproximadamente 10% anual. Las estrategias planteadas en este informe que se pueden implementar en el mencionado PAC son:

- Sembrar variedades con resistencia durable a la roya del cafeto, como por ejemplo, Variedad Castilla y Cenicafé1.
- Utilizar colinos de café de origen conocido, suministrado por las cooperativas respaldadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Sembrar o renovar los cultivos en las épocas correctas.
- Establecer la densidad de siembra óptima con mediciones y asesoramiento de Cenicafé (este informe sugiere una densidad de siembra alrededor de 5.000 árboles por hectárea).
- Definir ciclos de renovación para mantener el cultivo joven.
- Adecuar la luminosidad del cultivo a las condiciones de la zona, que hace referencia a la exposición solar según el tipo de cultivo.
- Corregir la acidez del suelo ajustándola al cultivo de café.
- Fertilizar adecuadamente los cafetales.

Otras estrategias sugeridas para este PAC, tomando en cuenta los valores asociados al análisis de sensibilidad en cada variable son:

1. Para la disminución del consumo de energía:
 - a. Uso o implementación de paneles solares: Capaces de reducir en un 24% anual el consumo de energía eléctrica del predio (Europa Press, 2016).
 - b. Uso de bombillas de bajo consumo, que generan un ahorro de aproximadamente 88% de la energía utilizada (Santamaria, 2012).
 - c. Reducir el uso de electrodomésticos no esenciales para la práctica agrícola (por ejemplo, televisores, hornos microondas, entre otros).

- d. Realizar mantenimientos preventivos a la maquinaria utilizada en el proceso productivo agrícola, ya que estos permiten un ahorro anual del 10% de la energía consumida (Ministerio de Industria, turismo y comercio, 2009).
 - e. Buscar asesoría del ministerio de Ambiente y desarrollo para abordar estrategias de disminución de energía en el predio.
 - f. Verificar internamente desperdicios energéticos (tomas eléctricas averiadas o en mal estado, red eléctrica en mal estado o con conexiones inadecuadas, maquinaria defectuosa, entre otros).
2. Para la disminución del costo de materia prima:
 - a. Negociación con proveedores para obtener un mejor precio por volumen.
 - b. Buscar nuevos proveedores que garanticen un mejor precio de venta.
 - c. Incrementar el uso de fertilizantes y abonos propios (reciclaje de los nutrientes en la finca que disminuyan la necesidad de fuentes externas de nutrientes) (Romero, 2002).
 3. Para la reducción del número de empleados:
 - a. Uso de máquinas recolectoras (capaces de realizar la labor de 5 personas), generando mayor cantidad de granos de café recaudados por siembra.
 - b. No buscar la contratación de nuevo personal, realizar recortes y promover mayor cantidad de turnos por empleado.

5.2.3 Uso del instrumento del punto de equilibrio.

Para este proyecto se evaluaron las variables que intervienen en el análisis de punto de equilibrio dilucidadas por Ospina (2003), Ruiz (2002) y Martínez (2010) para un proyecto agrícola, en este caso calculadas para cada uno de los 5 PAC. Los datos fueron recolectados con favor de la FNCC:

- **Producción total (PT).** Cantidad de unidades producidas expresadas en kilogramos de café pergamino seco por hectárea anualmente.

- **Costos Fijos (CF).** Costos en los que se incurre, independientemente del volumen de producción obtenido.
- **Costos Variables (CV).** Costos relacionados con el volumen de producción los cuales aumentan o disminuyen de acuerdo con las variaciones de dicha producción (insumo, mano de obra, etc.)
- **Costos Totales (CT).** Corresponden a la suma de los costos fijos y los variables.

$$CT = CF + CV \quad \text{Ecuación (9)}$$

- **Costo Fijo Unitario (CFU).** Costo obtenido de dividir los costos totales y la producción total.

$$CFU = \frac{CF}{PT} \quad \text{Ecuación (10)}$$

- **Costo Variable Unitario (CVU).** Costo obtenido de dividir los costos variables y la producción total.

$$CVU = \frac{CV}{PT} \quad \text{Ecuación (11)}$$

- **Costo Unitario Total (CUT).** Costo obtenido de dividir los costos totales y la producción total lo que corresponde a producir un kilogramo de café pergamino seco.

$$CUT = \frac{CT}{PT} \quad \text{Ecuación (12)}$$

- **Costo de Producción (CP).** Costo obtenido de multiplicar los costos variables unitarios con las cantidades de café producidas y sumar el producto a los costos fijos totales (CFT).

$$CP = (CVU \times Q) + CFT \quad \text{Ecuación (13)}$$

- **Cantidades de unidades producidas (Q).** Unidades de producto o café producidas en kilogramos de café pergamino seco.

- **Precio de venta (P).** Precio de venta unitario descrito en pesos por kilogramo de C.P.S.

- **Punto de Equilibrio (PE).** Determinará después el número de cuantas unidades producidas a realizar para generar utilidades.

$$PE = \frac{CFT}{P - CVU} \quad \text{Ecuación (14)}$$

- **Ingreso (I).** Producto entre las unidades producidas y el precio de venta por unidad.

$$I = P \times Q_i \quad \text{Ecuación (15)}$$

- **Utilidad (U).** Después de identificar los ingresos u el costo de producción, la utilidad es determinada por la diferencia de estas dos variables.

$$U = I - CP \quad \text{Ecuación (16)}$$

5.2.3.1 Estructura de costos, producción y precio.

Se detalla, en la tabla 19, la estructura de costos, las unidades producidas en kilogramos de café pergamino seco (k.g C.P. S) y el precio estándar de cotización determinado por las transacciones en bolsa de Nueva York a octubre del 2019 (6.720 COP por kg) y concebir el cálculo de punto de equilibrio para cada PAC.

Tabla 19. Estructura de costos, producción y precio.

PAC	Produccion kg C.P.S/\$/ha	CFT \$/ha	CFU \$/kg C.P.S	CVT \$/ha	CVU \$/kg C.P.S	MdO \$/ha	Insumos \$/ha	CT \$/ha	CUT \$/kg C.P.S	Precio \$/kg C.P.S
1	965,6	\$ 431.792	\$ 447	\$ 2.518.673	\$ 2.608	\$ 477.306	\$ 89.221	\$ 2.950.465	\$ 3.055	\$ 6.720
2	901,3	\$ 350.070	\$ 388	\$ 2.446.288	\$ 2.714	\$ 540.714	\$ 30.960	\$ 2.796.358	\$ 3.103	\$ 6.720
3	978,5	\$ 443.362	\$ 453	\$ 2.162.114	\$ 2.210	\$ 337.085	\$ 109.010	\$ 2.605.476	\$ 2.663	\$ 6.720
4	939,9	\$ 248.968	\$ 265	\$ 1.593.792	\$ 1.696	\$ 288.673	\$ 169.600	\$ 1.842.760	\$ 1.961	\$ 6.720
5	733,9	\$ 350.035	\$ 477	\$ 1.723.436	\$ 2.348	\$ 591.566	\$ 65.671	\$ 2.073.471	\$ 2.825	\$ 6.720

Fuente: Autor.

La evidencia de la cantidad de unidades donde los costos de producción serán iguales a los ingresos (punto de equilibrio), se rectifican en la tabla 20. Además, se ve la utilidad calculada respectivamente para cada PAC en cuanto al dinero percibido por hectárea y el dinero percibido por kg de café pergamino seco.

Tabla 20. Registros de Punto de equilibrio para cada PAC.

	Pto. Equilibrio	Produccion	Costo de Prod.	Ingreso	Utilidad	
	kg C.P.S/ha	kg C.P.S/ha	\$/ha	\$/ha	\$/ha	\$/kg C.P.S
1	105	965,6	\$ 2.950.465	\$ 6.489.000	\$ 3.538.535	\$ 3.665
2	87	901,3	\$ 2.796.358	\$ 6.056.400	\$ 3.260.042	\$ 3.617
3	98	978,5	\$ 2.605.476	\$ 6.575.520	\$ 3.970.044	\$ 4.057
4	50	939,9	\$ 1.842.760	\$ 6.315.960	\$ 4.473.200	\$ 4.759
5	80	733,9	\$ 2.073.471	\$ 4.931.640	\$ 2.858.169	\$ 3.895

Fuente: Autor.

Se evidencia que existe un sobre costo asociados a la producción de los PACs 1 y 3 en comparación a su alta producción y las utilidades generadas. Ambas tienen los mayores volúmenes de producción, pero puntos de equilibrio más altos. Se destaca el PAC 4 por tener una forma de producción más rentable.

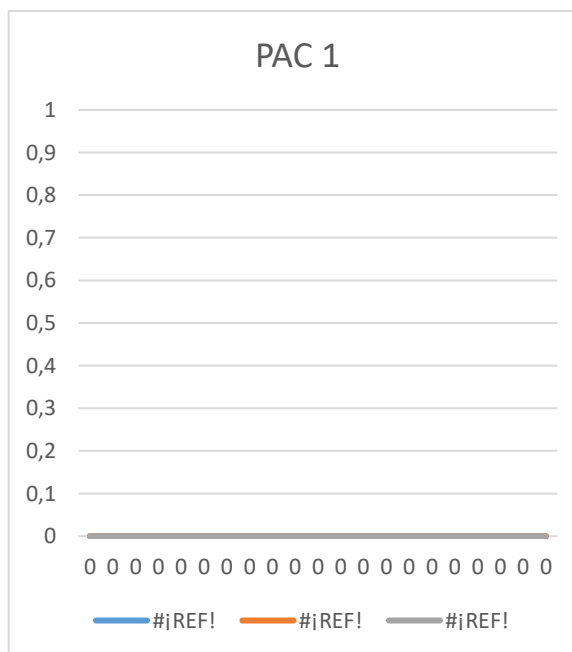
Las tablas 21, 22, 23, 24 y 25 junto con las figuras 12, 13, 14, 15 y 16 proporcionan el cálculo del punto de equilibrio y la rentabilidad asociada a cada PAC por la venta de su producción en las cooperativas cafeteras.

Tabla 21. Matriz de Punto de equilibrio PAC 1.

unidades	ingresos	Costo P	utilidad
0	\$ -	\$ 431.792	-\$ 431.792
50	\$ 336.000	\$ 562.209	-\$ 226.209
100	\$ 672.000	\$ 692.625	-\$ 20.625
150	\$ 1.008.000	\$ 823.042	\$ 184.958
200	\$ 1.344.000	\$ 953.459	\$ 390.541
250	\$ 1.680.000	\$ 1.083.876	\$ 596.124
300	\$ 2.016.000	\$ 1.214.292	\$ 801.708
350	\$ 2.352.000	\$ 1.344.709	\$ 1.007.291
400	\$ 2.688.000	\$ 1.475.126	\$ 1.212.874
450	\$ 3.024.000	\$ 1.605.543	\$ 1.418.457
500	\$ 3.360.000	\$ 1.735.959	\$ 1.624.041
550	\$ 3.696.000	\$ 1.866.376	\$ 1.829.624
600	\$ 4.032.000	\$ 1.996.793	\$ 2.035.207
650	\$ 4.368.000	\$ 2.127.209	\$ 2.240.791
700	\$ 4.704.000	\$ 2.257.626	\$ 2.446.374
750	\$ 5.040.000	\$ 2.388.043	\$ 2.651.957
800	\$ 5.376.000	\$ 2.518.460	\$ 2.857.540
850	\$ 5.712.000	\$ 2.648.876	\$ 3.063.124
900	\$ 6.048.000	\$ 2.779.293	\$ 3.268.707
950	\$ 6.384.000	\$ 2.909.710	\$ 3.474.290
980	\$ 6.585.600	\$ 2.987.960	\$ 3.597.640

Fuente: Autor.

Figura 13. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 1.



Fuente: Autor.

Tabla 22. Matriz de Punto de equilibrio PAC 2.

unidades	ingresos	Costo P	utilidad
0	\$ -	\$ 350.070	-\$ 350.070
50	\$ 336.000	\$ 485.786	-\$ 149.786
100	\$ 672.000	\$ 621.503	\$ 50.497
150	\$ 1.008.000	\$ 757.219	\$ 250.781
200	\$ 1.344.000	\$ 892.936	\$ 451.064
250	\$ 1.680.000	\$ 1.028.652	\$ 651.348
300	\$ 2.016.000	\$ 1.164.368	\$ 851.632
350	\$ 2.352.000	\$ 1.300.085	\$ 1.051.915
400	\$ 2.688.000	\$ 1.435.801	\$ 1.252.199
450	\$ 3.024.000	\$ 1.571.518	\$ 1.452.482
500	\$ 3.360.000	\$ 1.707.234	\$ 1.652.766
550	\$ 3.696.000	\$ 1.842.950	\$ 1.853.050
600	\$ 4.032.000	\$ 1.978.667	\$ 2.053.333
650	\$ 4.368.000	\$ 2.114.383	\$ 2.253.617
700	\$ 4.704.000	\$ 2.250.100	\$ 2.453.900
750	\$ 5.040.000	\$ 2.385.816	\$ 2.654.184
800	\$ 5.376.000	\$ 2.521.532	\$ 2.854.468
850	\$ 5.712.000	\$ 2.657.249	\$ 3.054.751
900	\$ 6.048.000	\$ 2.792.965	\$ 3.255.035
950	\$ 6.384.000	\$ 2.928.681	\$ 3.455.319
980	\$ 6.585.600	\$ 3.010.111	\$ 3.575.489

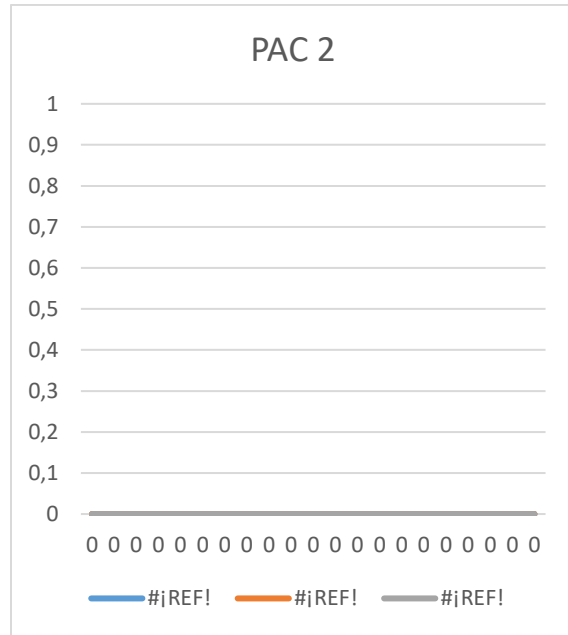
Fuente: Autor.

Tabla 23. Matriz de Punto de equilibrio PAC 3.

unidades	ingresos	Costo P	utilidad
0	\$ -	\$ 443.362	-\$ 443.362
50	\$ 336.000	\$ 553.843	-\$ 217.843
100	\$ 672.000	\$ 664.324	\$ 7.676
150	\$ 1.008.000	\$ 774.805	\$ 233.195
200	\$ 1.344.000	\$ 885.286	\$ 458.714
250	\$ 1.680.000	\$ 995.767	\$ 684.233
300	\$ 2.016.000	\$ 1.106.248	\$ 909.752
350	\$ 2.352.000	\$ 1.216.729	\$ 1.135.271
400	\$ 2.688.000	\$ 1.327.210	\$ 1.360.790
450	\$ 3.024.000	\$ 1.437.691	\$ 1.586.309
500	\$ 3.360.000	\$ 1.548.172	\$ 1.811.828
550	\$ 3.696.000	\$ 1.658.653	\$ 2.037.347
600	\$ 4.032.000	\$ 1.769.135	\$ 2.262.865
650	\$ 4.368.000	\$ 1.879.616	\$ 2.488.384
700	\$ 4.704.000	\$ 1.990.097	\$ 2.713.903
750	\$ 5.040.000	\$ 2.100.578	\$ 2.939.422
800	\$ 5.376.000	\$ 2.211.059	\$ 3.164.941
850	\$ 5.712.000	\$ 2.321.540	\$ 3.390.460
900	\$ 6.048.000	\$ 2.432.021	\$ 3.615.979
950	\$ 6.384.000	\$ 2.542.502	\$ 3.841.498
980	\$ 6.585.600	\$ 2.608.790	\$ 3.976.810

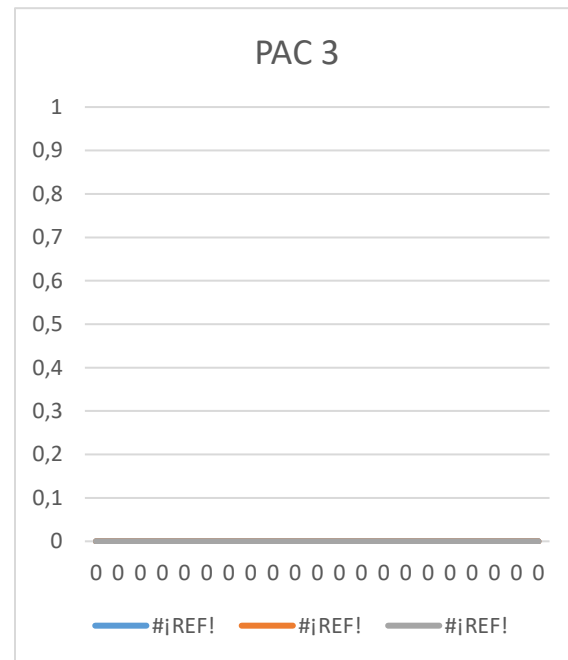
Fuente: Autor.

Figura 14. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 2.



Fuente: Autor.

Figura 15. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 3.



Fuente: Autor.

Tabla 24. Matriz de Punto de equilibrio PAC 4.

unidades	ingresos	Costo P	utilidad
0	\$ -	\$ 248.968	-\$ 248.968
50	\$ 336.000	\$ 333.755	\$ 2.245
100	\$ 672.000	\$ 418.543	\$ 253.457
150	\$ 1.008.000	\$ 503.330	\$ 504.670
200	\$ 1.344.000	\$ 588.118	\$ 755.882
250	\$ 1.680.000	\$ 672.905	\$ 1.007.095
300	\$ 2.016.000	\$ 757.693	\$ 1.258.307
350	\$ 2.352.000	\$ 842.480	\$ 1.509.520
400	\$ 2.688.000	\$ 927.268	\$ 1.760.732
450	\$ 3.024.000	\$ 1.012.055	\$ 2.011.945
500	\$ 3.360.000	\$ 1.096.842	\$ 2.263.158
550	\$ 3.696.000	\$ 1.181.630	\$ 2.514.370
600	\$ 4.032.000	\$ 1.266.417	\$ 2.765.583
650	\$ 4.368.000	\$ 1.351.205	\$ 3.016.795
700	\$ 4.704.000	\$ 1.435.992	\$ 3.268.008
750	\$ 5.040.000	\$ 1.520.780	\$ 3.519.220
800	\$ 5.376.000	\$ 1.605.567	\$ 3.770.433
850	\$ 5.712.000	\$ 1.690.355	\$ 4.021.645
900	\$ 6.048.000	\$ 1.775.142	\$ 4.272.858
950	\$ 6.384.000	\$ 1.859.929	\$ 4.524.071
980	\$ 6.585.600	\$ 1.910.802	\$ 4.674.798

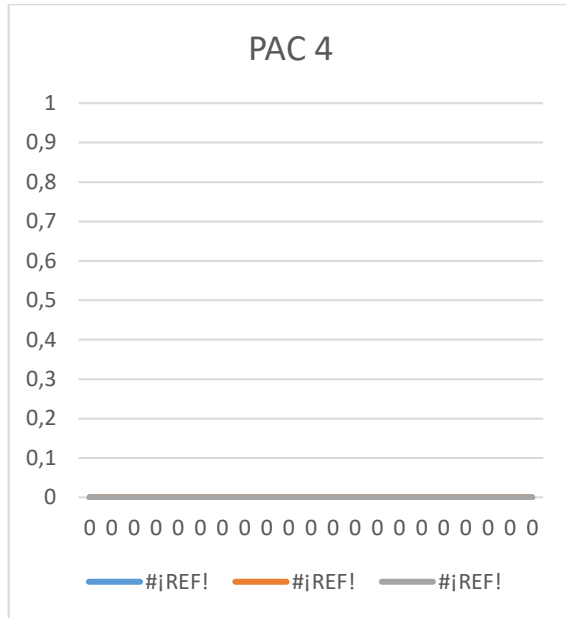
Fuente: Autor.

Tabla 25. Matriz de Punto de equilibrio PAC 5.

unidades	ingresos	Costo P	utilidad
0	\$ -	\$ 350.035	-\$ 350.035
50	\$ 336.000	\$ 467.455	-\$ 131.455
100	\$ 672.000	\$ 584.876	\$ 87.124
150	\$ 1.008.000	\$ 702.296	\$ 305.704
200	\$ 1.344.000	\$ 819.716	\$ 524.284
250	\$ 1.680.000	\$ 937.136	\$ 742.864
300	\$ 2.016.000	\$ 1.054.557	\$ 961.443
350	\$ 2.352.000	\$ 1.171.977	\$ 1.180.023
400	\$ 2.688.000	\$ 1.289.397	\$ 1.398.603
450	\$ 3.024.000	\$ 1.406.817	\$ 1.617.183
500	\$ 3.360.000	\$ 1.524.238	\$ 1.835.762
550	\$ 3.696.000	\$ 1.641.658	\$ 2.054.342
600	\$ 4.032.000	\$ 1.759.078	\$ 2.272.922
650	\$ 4.368.000	\$ 1.876.498	\$ 2.491.502
700	\$ 4.704.000	\$ 1.993.919	\$ 2.710.081
750	\$ 5.040.000	\$ 2.111.339	\$ 2.928.661
800	\$ 5.376.000	\$ 2.228.759	\$ 3.147.241
850	\$ 5.712.000	\$ 2.346.180	\$ 3.365.820
900	\$ 6.048.000	\$ 2.463.600	\$ 3.584.400
950	\$ 6.384.000	\$ 2.581.020	\$ 3.802.980
980	\$ 6.585.600	\$ 2.651.472	\$ 3.934.128

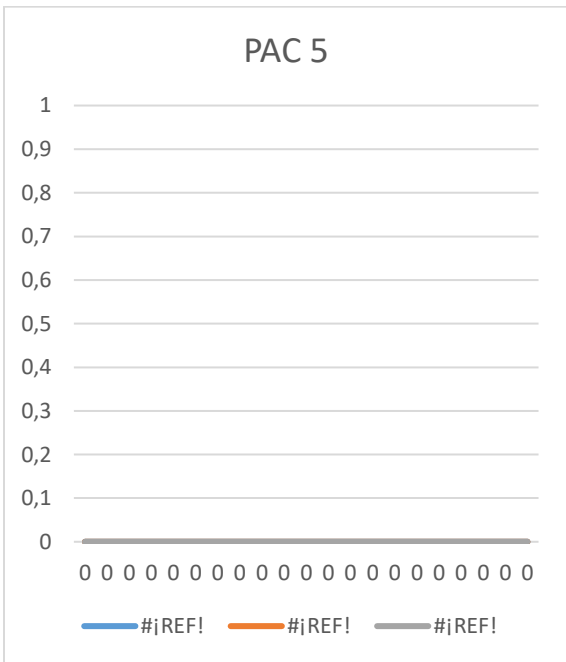
Fuente: Autor.

Figura 16. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 4.



Fuente: Autor.

Figura 17. Gráfica de Punto de equilibrio PAC 5.



Fuente: Autor.

Estos márgenes de utilidad realmente se podrían mejorar si un porcentaje de la producción fuera vendido en el mercado interno, para lo cual se propone realizar una política de mercadeo, y así promocionar el consumo interno nacional y una política comercial en busca de nuevos clientes internos, ya que el café de estos PACs actualmente se vende al exterior por medio de la FNCC.

5.3 Protocolo

Para la consolidación del protocolo se tomó como base el documento de Quintanar, Fuentes y Flores (2012). El protocolo está dirigido para los caficultores del ecotopo 204A. A continuación, se presenta el “Protocolo Cafetero para la sostenibilidad y rentabilidad de Proyectos Agrícolas Cafeteros del ecotopo 204A”. Adicionalmente se desarrolló un protocolo para el PAC 3, en donde se mencionan las estrategias propuestas en el numeral 5.3.2.9. En la figura 17, se describe una asociación al sistema de evaluación PHVA, adaptado para la consolidación del protocolo.

Figura 18. Ciclo PHVA.



Fuente: Elaboración Propia.

5.3.1 Objetivos del Protocolo

Los objetivos de este protocolo son:

- Generar estrategias que permitan mejorar la gestión sostenible y rentable de los 5 PACs pertenecientes al ecotopo 204A en un plazo de seis meses.
- Crear una guía que funcione como instrumento que permita la medición y comparación de variables actuales de sostenibilidad y rentabilidad de una PAC, a la vez que dé paso a la elaboración de futuros planes de implementación para mejorar las unidades productoras agrícolas a largo plazo.

5.3.2 Plan de acción

Este protocolo está diseñado con el fin de ser utilizado como una herramienta que permita medir variables e indicadores sociales, económicos y ambientales que den cuenta de la sostenibilidad y rentabilidad actual de cada una de las PAC. Esta medición tiene como función principal el conocer e identificar aquellos aspectos o variables que representan deficiencias o problemáticas en la actividad económica actual de la PAC al ser comparado con valores ideales basados en el procesamiento de datos obtenidos previamente en los 5 PACs pertenecientes al ecotopo.

El protocolo se encuentra diseñado para que el caficultor pueda hacer uso de herramientas de registro y comparación, de forma que se facilite la organización e interpretación de la información; para esto se ha organizado el proceso por pasos, en donde se le indica al caficultor las acciones que debe realizar en cada uno de estos, de igual forma, se sugiere diligenciar los modelos de formato presentados a lo largo del protocolo.

5.3.2.1. Paso 1. Incorporar a su gestión organizacional la iniciativa de reporte de sustentabilidad global con los estándares GRI

La iniciativa de reporte global (GRI), es una organización sin ánimo de lucro cuya finalidad es la elaboración de guías y memorias de sostenibilidad para que las empresas adopten lineamientos y pautas cuantificables dentro de sus operaciones

al medir por medio de indicadores su desempeño ambiental, económico y social (GRI, 2013). La guía GRI se encuentra de Descargable de la página <https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-translations/gri-standards-spanish-translations-download-center/>. Sin embargo, para facilitar el proceso de registro, se deben seleccionar variables relevantes para el proyecto a evaluar.

En este caso, se tomarán en cuenta las variables e indicadores de las dimensiones económica, social y ambiental expuestas en la tabla 26; para ello, es necesario que se haga un registro de cada una de dichas dimensiones a lo largo de **6 meses**, tomando en cuenta las unidades de medida. Se recomienda hacer uso del Formato 1 presentado a continuación para facilitar el proceso de registro.

Tabla 26. Variables e indicadores para medir en los PAC.

Criterio de sostenibilidad	GRI Estándar	Aspecto	Indicador	
			Principal	unidad de medida
Económico	201-1	Cientes	Ventas Netas (EC1)	COP
	201-1	Proveedores de capital	Resultado operativo-EBITDA (EC7)	COP
	201-1	Proveedores	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)	COP
	201-1	Empleados	Gastos salariales (EC5)	COP
	201-1	Sector Publico	Subsidios Recibidos (EC9)	COP
Ambiental	C-RE1	Materiales	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)	kg
	303-3	Materiales	Porcentaje material reciclado	kg
	C-RE1	Energía	Energía usadas por la organización para sus operaciones (EN3)	J
	303-1	Agua	Consumo total de agua (EN5)	m3
	306-2	Emisiones, vertidos y residuos	Residuos solidos(EN11)	kg
	305-1	Emisiones, vertidos y residuos	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)	kg/m3

Social	401-1	Empleo	Colaboradores Masculinos contratado (LA1)	%
	401-1	Empleo	Colaboradores Femeninos contratado (LA1)	%
	102-7	Empleo	Colaboradores tiempo Parcial (LA1)	%
	102-7	Empleo	Colaboradores tiempo completo (LA1)	%
	102-8	Empleo	Colaboradores indefinido (LA1)	%
	102-8	Empleo	Colaboradores temporal (LA1)	%
	C-CT1	Seguridad y salud	Numero de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)	und

Fuente: Autor.

Después de identificar cada una de las variables, se deben registrar los valores que posee la PAC a lo largo de **6 meses** en el Formato 1 (ver figura 18).

Figura 19. Formato 1. Registro de variables.

Tipo de variable	Aspecto	Indicador	Valor	Unidad de medida
Económica	Clientes	Ventas Netas (EC1)		COP
	Proveedores de capital	Resultado operativo-EBITDA (EC7)		COP
	Proveedores	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)		COP
	Empleados	Gastos salariales (EC5)		COP
	Sector Publico	Subsidios Recibidos (EC9)		COP
Ambiental	Materiales	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)		Kg
	Materiales	Porcentaje material reciclado		Kg
	Energía	Energías usadas por la organización para sus operaciones (EN3)		J
	Agua	Consumo total de agua (EN5)		Lts
	Emisiones, vertidos y residuos	Residuos sólidos (EN11)		Kg

	Emisiones, vertidos y residuos	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)		kg/m3
Social	Empleo	Colaboradores Masculinos contratado (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores Femeninos contratado (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores tiempo Parcial (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores tiempo completo (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores indefinidos (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores temporales (LA1)		%
	Seguridad y salud	Número de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)		Und

Fuente: Autor.

Como ejemplo de registro de este formato, vamos a suponer que la PACx que se va a evaluar, cuenta con un total de \$5.000.000 COP en ventas, y en costos de materias primas, invierten \$2.000.000 COP a lo largo de 6 meses. Por lo tanto, en el registro se escribirían los valores de la siguiente forma:

Tabla 27. Ejemplo de registro formato 1.

Tipo de variable	Aspecto	Indicador	Valor	Unidad de medida
Económica	Clientes	Ventas Netas (EC1)	5.000.000	COP
	Proveedores	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)	2.000.000	COP

Fuente: Autor.

Lo anterior se debe realizar con todos los indicadores expuestos en el formato 1.

5.3.2.2. Paso 2. Construya sus indicadores según metodología TBL y defina los indicadores con un nivel de sostenibilidad según escala de sostenibilidad

Paso donde se hace necesario el uso del formato 2 (ver figura 20), donde se presentan los criterios de calificación y valores preestablecidos que corresponden a puntuaciones indicadas según una la escala descrita a continuación; en dicha escala se determina el nivel de sostenibilidad que tiene la PAC, de acuerdo con las puntuaciones establecidas (Ver tabla 28).

Tabla 28. Criterios de calificación escala para medir sostenibilidad.

Incipiente	En desarrollo			Madura
1	2	3	4	5

Fuente: Autor.

Figura 20. Formato 2. Medición de indicadores de sostenibilidad.

Nombre de la finca evaluada			Definición de indicadores								
Nombre de quien diligencia el formato			Fecha								
			Incipiente	En desarrollo		Madura					
			1	2	3	4	5				
Dimensión	Indicador de sostenibilidad	Valor	1	2	3	4	5				
Económico	VENTAS/Empleados (COP/Empleados)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	493164	493164	986328	986328	1479492	1479492	1972656	100-4002	2465820
	VENTAS/Cons. Agua (COP/Lts)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	134,4	134,4	268,8	268,8	403,2	403,2	537,6	537,6	672
	VENTAS/Energía (COP/Kwha)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	1426,72991	1426,72991	2853,45983	2853,45983	4280,18974	4280,18974	5706,91965	5706,91965	7133,64956
	VENTAS/Usos Materia (COP/kg)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	173,16025	173,16025	346,3205	346,3205	519,480751	519,480751	692,641001	692,641001	865,801251
	VENTAS/Residuos solid.(COP/kg)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	285,350318	285,350318	570,700637	570,700637	856,050955	856,050955	1141,40127	1141,40127	1426,75159
	VENTAS/CO2 (COP/kgha)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	285,350318	285,350318	570,700637	570,700637	856,050955	856,050955	1141,40127	1141,40127	1426,75159
	VENTAS/Und. Prod.(COP/Und)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	1344	1344	2688	2688	4032	4032	5376	5376	6720
	EBITDA/Empleados (COP/Empleados)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	200746,35	200746,35	401492,7	401492,7	602239,05	602239,05	802985,4	802985,4	1003731,75
	EBITDA/Cons. Agua (COP/Lts)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	59,9811139	59,9811139	119,962228	119,962228	179,943342	179,943342	239,924456	239,924456	299,90557
	EBITDA/Energía (COP/kwh*ha)		Coloque	1	2	3	4	5			
	si su PAC tiene un valor entre:	0	636,732511	636,732511	1273,46502	1273,46502	1910,19753	1910,19753	2546,93004	2546,93004	3183,66255
EBITDA/Usos Materia (COP/kg)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	79,3086221	79,3086221	158,617244	158,617244	237,925866	237,925866	317,234488	317,234488	396,54311	
EBITDA/Mat. Reciclado (COP/kg)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	845,905946	845,905946	1691,81189	1691,81189	2537,71784	2537,71784	3383,62378	3383,62378	4229,52973	
EBITDA/Residuos solid.(COP/kg)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	181,39138	181,39138	362,782759	362,782759	544,174139	544,174139	725,565519	725,565519	906,956898	
EBITDA/CO2 (COP/kgha)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	150,371798	150,371798	300,743596	300,743596	451,115393	451,115393	601,487191	601,487191	751,858899	
EBITDA/Und. Prod.(COP/Und)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	854,353398	854,353398	1708,7068	1708,7068	2563,06019	2563,06019	3417,41359	3417,41359	4271,76699	
Costo Mat/Cons. Agua (COP/Lts)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	1,78970533	1,78970533	3,57941066	3,57941066	5,36911599	5,36911599	7,15882133	7,15882133	8,94852666	
Costo Mat/Energía (COP/kwh*ha)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	0	18,9987063	18,9987063	37,9974127	37,9974127	56,996119	56,996119	75,9948253	75,9948253	94,9935317	
Costo Mat/Usos Materia (COP/kg)		Coloque	1	2	3	4	5				
si su PAC tiene un valor entre:	19,4956534	15,5965227	15,5965227	11,6973921	11,6973921	7,79826137	7,79826137	3,89913068	3,89913068	0	

		Coloque	1	2	3	4	5	
	Costo Mat/Mat. Reciclado (COP/kg)	si su PAC tiene un valor entre:	126,972361	101,577889	76,1834165	50,7889443	25,3944722	0
	Costo Mat/CO2 (COP/kg)	si su PAC tiene un valor entre:	0	6,35205993	12,7041199	19,0561798	25,4082397	31,7602996
	Costo Mat/Und. Prod.(COP/Und)	si su PAC tiene un valor entre:	180,449528	144,359622	108,269717	72,1798111	36,0899056	0
	Energía Usada/Empleados (Kwh*ha/Empleados)	si su PAC tiene un valor entre:	1583,86961	1267,09568	950,321765	633,547844	316,773922	0
	Energía Usada/Und. Prod.(Kwh*ha/Und)	si su PAC tiene un valor entre:	19,4240524	15,5392419	11,6544315	7,76962097	3,88481049	0
	Uso Mat.Prima/Empleados (kg/Empleados)	si su PAC tiene un valor entre:	3001,35417	2401,08333	1800,8125	1200,54167	600,270833	0
Ambiental	Uso Mat.Prima/Und. Prod.(kg/Und)	si su PAC tiene un valor entre:	33,9558849	27,1647079	20,3735309	13,5823539	6,79117697	0
	Consumo Agua/Empleados (lts/Empleados)	si su PAC tiene un valor entre:	12875	10300	7725	5150	2575	0
	Consumo Agua/Und. Prod.(lts/Und)	si su PAC tiene un valor entre:	51	40,8	30,6	20,4	10,2	0
	Accidentes Lab./Empleados(Acc/Empl.)	si su PAC tiene un valor entre:	2	1,6	1,2	0,8	0,4	0
	Und. Prod./Empleados (Und/Emp.)	si su PAC tiene un valor entre:	0	73,3875	146,775	220,1625	293,55	366,9375
	Total promediado							

Fuente: Autor.

(Los archivos se adjuntan en formato Excel para facilitar la lectura, Ver anexo I.)

Cabe aclarar que para obtener los valores de los indicadores es necesario dividir los valores de las variables obtenidas en el formato entre otras variables. Por ejemplo, para la PACx se busca determinar el indicador “Ventas/Empleados”, para esto se toma el valor obtenido en la variable “Ventas netas” del formato 1 (el cual es igual a 5.000.000 COP), y se divide sobre el total de empleados de la PACx (el cual supondremos que es igual a 10); al dividir 5.000.000 (de “Ventas netas”) en 10 (de “empleados”), nos da un valor de 500.000, el cual sería el valor del indicador “Ventas/Empleados”.

Para diligenciar el formato de acuerdo a la escala de sostenibilidad, se debe tener en cuenta los valores presentados en la columna izquierda, en donde se establecen los valores a los que corresponden cada una de las puntuaciones. Por ejemplo, se encuentra que en el indicador “Ventas/Empleados” el PACx obtuvo un valor de 500.000, para convertir este valor en la escala Likert se ven los criterios presentados para este indicador que son:

Tabla 29. Ejemplo de criterio formato 2.

Coloque	1		2		3		4		5	
si su PAC tiene un valor entre:	0	493164	493164	986328	986328	1479492	1479492	1972656	1972656	2465820

Fuente: Autor.

Se ubica el valor 500.000 en la tabla, el cual se encuentra en el rango de 493.164 a 986.328, por lo tanto, equivaldría a un puntaje de 2 o “en desarrollo”, representando un nivel de sostenibilidad en desarrollo.

De igual forma, debe seguir estos pasos:

1. Contraste las ventas con cada una de las variables ambientales y sociales
2. Contraste el EBITDA con cada una de las variables ambientales y sociales
Nota: El EBITDA (earnings before interest, taxes depreciation and amortization) refleja el beneficio bruto calculado antes de realizar las deducciones en gastos financieros; esta información se encuentra en los estados y resultados de cada PAC, por lo tanto, el calificador debe tener a la mano el estado de resultados de su proyecto cafetero.
3. Contraste los costos de materia prima con cada una de las variables ambientales y sociales
4. Contraste el número de empleados con el número de accidentes laborales y las unidades producidas.

5.3.2.3. Paso 3. Identifique el problema y acciones contenedoras y correctivas

De acuerdo con lo registrado en el formato 2, identifique los indicadores con puntajes más bajos (entre 1 y 2, siendo “insipiente” y “en desarrollo”). Contraste los valores obtenidos en cada uno de estos indicadores con los valores que cumplen con niveles altos de sostenibilidad (reflejados en puntajes de 5 y 4, siendo “maduro” y “en desarrollo”). Al identificar estos indicadores con puntajes bajos se debe analizar el tipo de relación que tienen las variables y qué tipo de acciones se pueden

implementar para minimizar los problemas que éstos representan para el PAC. Por ejemplo, si se obtuvo una puntuación de 1 en el indicador “Empleados/Accidentes laborales” quiere decir que en el PAC hay un alto número de accidentes laborales por cada empleado o colaborador del PAC (es decir, que este indicador muestra que la relación entre las variables “empleados” y “accidentes laborales” debe poseer valores bajos); una posible acción contenedora sería el implementar el uso obligatorio de elementos de seguridad para ciertas actividades laborales por parte de los empleados.

5.3.2.4. Paso 4. Identifique y priorice causas raíz de los problemas presentados.

Después de identificar los indicadores con niveles bajos de sostenibilidad, los problemas que estos pueden reflejar para el PAC y las posibles acciones contenedoras y correctivas se deben tener en cuenta las posibles causas raíz de estas problemáticas.

Por ejemplo, si se encontró que el indicador “Empleados/Accidentes laborales” cuenta con bajos niveles de sostenibilidad, lo cual se plantea como una problemática para el PAC dado que puede representar pérdidas a nivel económico y social a largo plazo, por lo tanto, se debe identificar la causa raíz de esta problemática. Como acción contenedora se propone el implementar el uso obligatorio de elementos de seguridad para ciertas actividades laborales por parte de los empleados, sin embargo, se identifica como causa raíz de esta problemática la ausencia de políticas de Seguridad y salud en el trabajo (HSE) en el PAC con el fin de minimizar el riesgo de sufrir accidentes laborales.

5.3.2.5. Paso 5. Defina la solución para contrarrestar estos problemas

Al identificar la causa raíz de las problemáticas que se presentan, se deben plantear soluciones que afecten de forma directa las causas y que den solución definitiva a estas problemáticas, con el fin de prevenir que se presenten en un futuro y garantizar que los niveles de sostenibilidad y rentabilidad sean óptimos a largo

plazo. Para ello se debe realizar un plan estructurado para la implementación de la solución planteada.

Por ejemplo, se identificó como causa raíz de la problemática la ausencia de políticas de Seguridad y salud en el trabajo (HSE), por lo tanto, como solución se plantea un plan para implementar este tipo de políticas diseñadas especialmente para el sector agrícola.

5.3.2.6. Paso 6. Implemente la solución y tome registro.

Se debe llevar a cabo el plan de implementación de la solución planteada en el paso 5.

De igual forma se debe tomar registro de la actividad del PAC de la misma forma que se hizo en el paso 1, tomando en cuenta que este registro se debe tomar **6 meses después** de implementado el plan que busca dar solución de la problemática. Para esto se debe volver a hacer uso del formato 3 (ver figura 20).

Tabla 30. Formato 3. Registro de variables posterior a implementación de solución de la problemática.

Tipo de variable	Aspecto	Indicador	Valor	Unidad de medida
Económica	Clientes	Ventas Netas (EC1)		COP
	Proveedores de capital	Resultado operativo-EBITDA (EC7)		COP
	Proveedores	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)		COP
	Empleados	Gastos salariales (EC5)		COP
	Sector Publico	Subsidios Recibidos (EC9)		COP
Ambiental	Materiales	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)		Kg
	Materiales	Porcentaje material reciclado		Kg
	Energía	Energías usadas por la organización para sus operaciones (EN3)		J
	Agua	Consumo total de agua (EN5)		Lts

	Emisiones, vertidos y residuos	Residuos sólidos (EN11)		Kg
	Emisiones, vertidos y residuos	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)		kg/m3
Social	Empleo	Colaboradores Masculinos contratado (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores Femeninos contratado (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores tiempo Parcial (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores tiempo completo (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores indefinidos (LA1)		%
	Empleo	Colaboradores temporales (LA1)		%
	Seguridad y salud	Número de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)		Und

Fuente: Autores.

5.3.2.7. Paso 7. Confirme resultados

Posterior a la implementación del plan que plantea una solución a las problemáticas presentadas y al registro de las variables después de 6 meses, se deben **contrastar** los resultados iniciales (conseguidos en el paso 1, estando registrados en el formato 1), con los obtenidos después de la implementación de las soluciones a las problemáticas (conseguidos en el paso 6, registrados en el formato 3). Esto se hace con el fin de determinar si estas soluciones fueron efectivas o no.

Por ejemplo, se encontró que después de implementar un plan basado en políticas de Seguridad y salud en el trabajo (HSE) diseñadas para el sector agrícola, los accidentes laborales pasaron de 4 accidentes cada 6 meses, a 1 cada 6 meses, lo cual representa una mejora notable en este indicador.

5.3.2.8. Paso 8. Registro y seguimiento

Por último, se recomienda al caficultor realizar de forma constante el protocolo con todos los pasos, con el fin de poder establecer un registro constante de la actividad económica de su PAC y para poder establecer nuevos planes para mejorar la sustentabilidad, rentabilidad y eficiencia del PAC a largo plazo.

5.3.2.9 Estrategias sugeridas para implementación

Se plantean las siguientes estrategias que servirán como guías para mejorar los niveles de rentabilidad y sostenibilidad en los PACs. También el caficultor tendrá que diseñar las estrategias que puedan ser útiles y haya evidenciado en el proceso productivo.

1. Para la disminución del costo de materia prima:
 - a. Negociación con proveedores para obtener un mejor precio por volumen.
 - b. Buscar nuevos proveedores que garanticen un mejor precio de venta.
 - c. Incrementar el uso de fertilizantes y abonos propios (reciclaje de los nutrientes en la finca que disminuyan la necesidad de fuentes externas de nutrientes) (Romero, 2002).
2. Para aumentar las netas ventas y el resultado operativo EBITDA (FNCC, 2014):
 - a. Incrementar el margen de ganancia
 - b. Diseñar nuevos productos derivados del café.
 - c. Venta del café orgánico a clientes internos.
 - d. Fomentar alianzas con compañías o recibir asesoría para exportar el grano por cuenta propia.
 - e. Diversificar en las opciones de cultivos sin necesidad de alterar las condiciones actuales de producción cafetera.
3. Para disminuir el uso de materia prima:
 - a. Desarrollar prácticas (almacenamiento, manipulación, etc) para evitar o extender el tiempo de descomposición de abonos, humus entre otros

- b. Verificar los niveles de materiales extraños y/o impurezas que no hagan parte del cafetal.
4. Para la disminución del consumo de energía:
- a. Uso o implementación de paneles solares: Capaces de reducir en un 24% anual el consumo de energía eléctrica del predio (Europa Press, 2016).
 - b. Uso de bombillas de bajo consumo, que generan un ahorro de aproximadamente 88% de la energía utilizada (Santamaria, 2012).
 - c. Reducir el uso de electrodomésticos no esenciales para la práctica agrícola (por ejemplo, televisores, hornos microondas, entre otros).
 - d. Realizar mantenimientos preventivos a la maquinaria utilizada en el proceso productivo agrícola, ya que estos permiten un ahorro anual del 10% de la energía consumida (Ministerio de Industria, turismo y comercio, 2009)
 - e. Buscar asesoría del ministerio de Ambiente y desarrollo para abordar estrategias de disminución de energía en el predio.
 - f. Verificar internamente desperdicios energéticos (tomas eléctricas averiadas o en mal estado, red eléctrica en mal estado o con conexiones inadecuadas, maquinaria defectuosa, entre otros).
5. Para la disminución del consumo de agua:
- a. Realizar campaña ecológica.
 - b. Cambio o mantenimiento de equipos, herramientas, mangueras que presenten fugas o mal estado.
 - c. Aumentar el número de contenedores para aprovechar el agua proveniente de la lluvia.
 - d. Reconocer las situaciones en las que son realmente necesarios los riegos con uso de dendrómetros de precisión.
 - e. Identificar posibles pérdidas.
 - f. Implementar el uso de tecnologías de lavado como "Becolsub", para utilizar únicamente entre 0,7 y 1 lts por kg de C.P.S, es decir una reducción del 440% del consumo en el lavado.

- g. Implementar canales de correteo, realizar lavado en tanques de mayor tamaño con bombas sumergibles y realizar lavado en tanque-tina con agitación manual, demuestran un ahorro significativo en el consumo de agua anual.
6. Para aumentar la cantidad de material reciclado:
 - a. Vigilar las cantidades de plásticos, vidrio y material orgánico.
 - b. Implementar campañas de reciclaje.
 - c. Clasificar en contenedores los residuos para una oportuna función de reciclaje.
 - d. Realizar tratamiento y reutilización de los desechos animales y vegetales (creación de abonos de origen animal o vegetal).
 7. Para disminuir los residuos sólidos:
 - a. Controlar la maleza que pueda desarrollarse en el PAC.
 - b. Desarrollar mejores prácticas en la conservación para los sacos de café.
 8. Para disminuir las emisiones de CO₂:
 - a. Evitar la quema de madera.
 - b. Implementar al proceso energías renovables.
 - c. Realizar más siembra de árboles aledaños a las plantas de café para efecto de sombrío.
 9. Para disminuir el número de accidentes de trabajo:
 - a. Señalización del área de trabajo.
 - b. Utilización obligatoria del equipo de protección personal.
 - c. Charlas pre operativas.
 - d. Implementar el uso de permisos de trabajo.
 - e. Campañas de seguridad y salud en el trabajo.
 10. Para aumentar los niveles de producción:
 - a. Sembrar variedades con resistencia durable a la roya del cafeto como, por ejemplo, Variedad Castilla y Canicafé1.
 - b. Utilizar colinos de café de origen conocido, suministrado por las cooperativas respaldadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

- c. Sembrar o renovar los cultivos en las épocas correctas.
 - d. Establecer la densidad de siembra óptima con mediciones y asesoramiento de Cenicafé (este informe sugiere una densidad de siembra alrededor de 5.000 árboles por hectárea).
 - e. Definir ciclos de renovación para mantener el cultivo joven.
 - f. Adecuar la luminosidad del cultivo a las condiciones de la zona, que hace referencia a la exposición solar según el tipo de cultivo.
 - g. Corregir la acidez del suelo ajustándola al cultivo de café.
 - h. Fertilizar adecuadamente los cafetales.
11. Para la reducción del número de empleados:
- a. Uso de máquinas recolectoras (capaces de realizar la labor de 5 personas), generando mayor cantidad de granos de café recaudados por siembra.
 - b. No buscar la contratación de nuevo personal, realizar recortes y promover mayor cantidad de turnos por empleado.

5.3.2.10 Diseño de protocolo para PAC 3

Se diseño el protocolo para el PAC 3, donde se involucran los pasos mencionados anteriormente (Ver anexo B). En este PAC 3 se plantean estrategias pertinentes para mejorar sus niveles de sostenibilidad y rentabilidad.

6. HALLAZGOS

En la actualidad, el sector cafetero colombiano se ve enfrentado a condiciones que afectan de forma negativa la rentabilidad de los productores de café, mientras que los índices de migración a otros tipos de cultivo aumentan. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia presentó un informe en donde se muestra que la rentabilidad del sector cafetero disminuyó en más de 500.000 millones de pesos en el año 2018; esto representa problemas de sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos agrícolas colombianos. Actualmente no existen planes que adopten medidas y hagan uso de herramientas propias de la ingeniería industrial que den solución oportuna a los diferentes retos y dificultades para el sector cafetero en Colombia. Por lo anterior se busca general una estrategia que permita aumentar la rentabilidad y sostenibilidad de los proyectos agrícolas cafeteros (PACs) basándose en el análisis de datos actuales de los mismos.

Entre las herramientas que ofrece la ingeniería industrial que pueden ser útiles para este propósito son: a) el involucrar estándares internacionales de sostenibilidad como la guía GRI, en donde posibilita el que se dé un mejor entendimiento interno y externo del negocio cafetero al presentar reportes periódicos para reconocer su situación actual y plantear estrategias de mejoramiento a largo plazo; b) el Triple Bottom Line (TBL), el cual especifica condiciones que permiten analizar las diferentes situaciones y realidades ambientales, sociales y económicas propias de la organización (en este caso proyectos agrícolas cafeteros) para implementar mejoras a futuro; c) el análisis realizado en el enfoque Data Envelopment Analysis DEA, que permite reconocer qué variables pueden mejorar si se comparan diferentes organizaciones (DMUs) de características similares, con el fin de alcanzar una eficiencia relativa; y d) el punto de equilibrio permite reconocer a qué PAC pertenece una producción más rentable de acuerdo a la estructura de costos, unidades producidas y precio de venta.

Este proyecto tiene como objetivo principal el diseñar un protocolo de mejora basándose en la medición y análisis de variables sociales económicas y ambientales de un grupo de proyectos agrícolas cafeteros (PACs) pertenecientes a

uno de los ecotopos cafeteros de Colombia ubicado en la zona nororiental del país, el cual cumple con características y condiciones adecuadas para este estudio. Estas variables fueron seleccionadas y analizadas tomando en cuenta la aplicación de instrumentos como la guía GRI, TBL, DEA y punto de equilibrio. Dando como resultado un análisis completo de las condiciones reales de cada uno de los PACs pertenecientes al ecotopo 240 A. Este análisis dio como resultado final, la creación de un protocolo cuyo objetivo es proveer un instrumento que permita la medición y comparación de variables actuales de sostenibilidad y rentabilidad de un PAC, a la vez que facilite la identificación de problemáticas y dificultades que afecten directamente la actividad económica y de paso a la elaboración de futuros planes y estrategias para mejorar los niveles de sostenibilidad en a lo largo de un año.

Con base en lo anterior, se encuentra que los resultados obtenidos por el análisis TBL presentan la posibilidad de establecer valores tanto ideales como limítrofes para los indicadores específicamente diseñados para los PACs pertenecientes al ecotopo estudiado; es decir que, al contrastar los valores obtenidos por cada uno de los 5 PACs del ecotopo, se encontraron aquellas fincas con niveles de sostenibilidad maduros, en desarrollo e incipientes, a la vez que se establecieron rangos de valores que dan cuenta de estos niveles de sostenibilidad. Lo anterior resulta relevante, dado que de esta forma se puede establecer una línea base que facilite el poder medir, clasificar e identificar aquellos indicadores y variables que influyen en los niveles de sostenibilidad de las PAC, además de permitir el establecer planes y estrategias que planteen soluciones a problemáticas puntuales que afectan la sostenibilidad y rentabilidad del PAC. De igual forma, este diseño, puede funcionar como un primer acercamiento hacia la creación de nuevos protocolos dirigidos a otros ecotopos cafeteros, llegando a ser aplicable incluso a otras formas de cultivo.

Para futuras investigaciones, se presenta como sugerencia el realizar un estudio en donde se evalúe si el protocolo creado en esta investigación tiene o no un efecto en la sostenibilidad y rentabilidad de los PACs del ecotopo al cual fue dirigido; para esto, se puede hacer investigación de tipo experimental, en donde se tome como variable independiente la aplicación del protocolo, y como variables dependientes

los niveles de sostenibilidad finales de los PACs. Otra posible línea de trabajo que puede surgir a partir de este proyecto es la elaboración de protocolos para otros ecotopos, ya sean cafeteros o pertenecientes a otro tipo de actividad agrícola, basándose en la metodología utilizada y descrita en esta investigación.

Las tablas 31, 32, 33 y 34 resumen los resultados más relevantes de esta investigación desde la sostenibilidad actual, la eficiencia relativa actual si se consideran variables sociales ambientales y económicas, la rentabilidad actual, y como la variación de ciertas variables pueden mejorar la rentabilidad y sostenibilidad en una de los PACs.

Tabla 31. Resumen de calificación sostenible de cada PAC.

PAC	Calificación sostenible actual	
1	3	En desarrollo
2	4	En desarrollo
3	3	En desarrollo
4	4	En desarrollo
5	4	En desarrollo

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Resumen de utilidad y punto de equilibrio.

PAC	Margen EBITDA	Punto de equilibrio	Producción	Utilidad	
		kg C.P.S/ha	kg C.P.S/ha	\$/ha	\$/kg C.P.S
1	46%	105,0	965,625	\$ 3.538.535,00	\$ 3.664,50
2	44%	87,4	901,25	\$ 3.260.042,00	\$ 3.617,24
3	54%	98,3	978,5	\$ 3.970.044,00	\$ 4.057,28
4	64%	49,6	939,875	\$ 4.473.200,00	\$ 4.759,36
5	45%	80,1	733,875	\$ 2.858.169,00	\$ 3.894,63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Eficiencia relativa actual de cada PAC.

	DEA original
PAC	Eficiencia Relativa
1	100%
2	100%
3	49,6%
4	100%
5	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34. Resumen análisis de sensibilidad para ver los posibles cambios de mejora en sostenibilidad y rentabilidad.

Análisis de sensibilidad PAC 3					
	Variables	Valor modificado por sensibilización	Unidades a producir	Utilidad adicional	Utilidad Pronosticada por kg C.P.S
Caso 1	Energía usada (kw/ha)	6835,40	215,73	\$ 1.449.705,60	\$ 4.222,47
Caso 2	Costo de materias primas \$/ha	54103,70	248,29	\$ 1.668.508,80	\$ 4.287,41
Caso 3	Número de empleados (empl.)	6,00	197,57	\$ 1.327.670,40	\$ 4.504,59

Fuente: Elaboración propia.

7. CONCLUSIONES.

En esta investigación se tenía como objetivo principal el diseñar un protocolo en donde se diera respuesta a la necesidad presente en el sector cafetero colombiano de generar planes que adopten medidas y usen herramientas que puedan dar una solución oportuna a los diferentes retos y dificultades a las que se enfrenta la sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia de los Proyectos Agrícolas Cafeteros (PACs). Para esto se tuvo que realizar una revisión literaria de artículos científicos, libros y revistas científicas relacionados con temas de optimización, sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia en la agroindustria. Lo anterior permitió establecer una línea base para plantearla metodología de investigación y seleccionar el tipo de instrumentos y herramientas propias de la ingeniería industrial que fueran útiles para el propósito de este proyecto, tales como Data Envelopment Analysis DEA, el Triple Bottom Line (TBL), punto de equilibrio y los estándares internacionales de sostenibilidad de la guía GRI. Se realizó un análisis de sensibilidad entre los posibles cambios de las variables para evaluar su efecto en la sostenibilidad y rentabilidad. Se encontró que, si se hace una modificación en energía usada, costo de materia prima y número de empleados, aumentando la producción para cada caso, se generaría un incremento en la rentabilidad, cumpliéndose así el objetivo general.

De igual forma, fue necesario establecer y seleccionar la muestra a estudiar, la cual fue conformada por 5 PACs pertenecientes al ecotopo 204A; estos PACs fueron seleccionados por medio de muestreo no probabilístico, debido a que cumplen con características que resultan relevantes para la investigación, además de presentar una uniformidad en sus condiciones sociales, ambientales y económicas. Estos PACs fueron evaluados de forma que se obtuvieran valores de variables sociales, ambientales y económicas que resultan pertinentes en la sostenibilidad y rentabilidad de un proyecto agrícola cafetero; estas variables fueron seleccionadas y ajustadas de acuerdo con la guía GRI.

Se diseñó un sistema de indicadores registrando los datos para cada PAC evaluada, indicadores con criterios ambientales, sociales y económicos con base en recomendaciones GRI. La medición fue realizada durante seis meses lo cual permitió dar detalle del proceso productivo del café orgánico. La aproximación al TBL permitió dar una clasificación del estado actual de sostenibilidad para cada PAC. Con los variables asociadas a los criterios del TBL, se construyó un modelo de optimización que midió la eficiencia relativa en cada PAC, es decir que se midió el desempeño de las variables de sostenibilidad y qué tan eficientes eran los PACs para transformar recursos de entrada en salidas del proceso.

Utilizando el punto de equilibrio, se calculó los valores de rentabilidad de los 5 PACs; durante esta fase se determinó cuál PAC tenía una mejor relación de rentabilidad, en cuanto a las unidades producidas por las utilidades generadas. El hallazgo del punto de equilibrio donde los costos de producción son iguales a los ingresos percibidos dieron muestra de cómo cada PAC gestiona sus recursos económicos. El margen EBITDA tuvo una relación similar a los hallazgos en el punto de equilibrio.

Finalmente, se realizó el diseño de un protocolo de mejora basándose en la medición y análisis completo de las condiciones sociales económicas y ambientales reales de cada uno de los PACs pertenecientes al ecotopo 240A. El protocolo tiene como objetivo proveer un instrumento que permita a los caficultores realizar la medición y comparación de variables actuales de sostenibilidad y rentabilidad de un PAC, a la vez que facilite la identificación de problemáticas y dificultades que afecten directamente la actividad económica de las fincas y permita la elaboración de futuros planes y estrategias que se puedan implementar para mejorar los niveles de sostenibilidad a lo largo de seis meses. Adicional a esto, la elaboración de este protocolo permitió identificar la posibilidad de usar los resultados obtenidos por el análisis TBL para establecer valores limítrofes para indicadores diseñados específicamente para la agroindustria cafetera; esta posibilidad representa una oportunidad para establecer una línea base que facilite el poder medir, clasificar e identificar aquellos indicadores y variables que influyen en los niveles de sostenibilidad de los PAC, además de permitir el establecer planes y estrategias

que planteen soluciones a problemáticas puntuales que afectan la sostenibilidad y rentabilidad de los PACs.

8. GLOSARIO

CENICAFE: Centro Nacional de Investigaciones de Café.

DEA: Data Envelopment Analysis o Análisis envoltorio de datos.

EBITDA: Earnings Before Interest, Taxes Depreciation and Amortization.

FNCC: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

GRI: Global Reporting Initiative o Iniciativa de Reporte Global.

PAC: Proyecto Agrícola Cafetero.

TBL: Triple Bottom Line o Cuenta de triple resultado.

9. ANEXOS

Anexo A. Valor del Target de eficiencia para cada variable de entrada el PAC 3.

	Entradas				
	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)	Energía usadas por la organización para sus operaciones (EN3)	Consumo total de agua (EN5)	empleados
PAC 3	0,05	10264,96	2597,85	21512,36	5,96

Fuente: Autor.

Anexo B. Valor del Target de eficiencia para cada variable de salida el PAC 3.

	Salidas						
	Ventas Netas (EC1)	Resultado operativo-EBITDA (EC7)	Material reciclado	Residuos sólidos(EN11)	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)	Numero de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)	producción
PAC 3	8,03	3,57	1502,91	5624,83	7578,41	7,66	1194,23

Fuente: Autor.

Anexo C. Variables de entrada y salida para el ecotopo 204A sujetas a tratamiento matemático.

DMU	Entradas					Salidas						
	Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2). COP	Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1). kg	Energía usada por la organización para sus operaciones. (EN3) Kwh*Ha	Consumo total de agua (EN5) Lts	Empleados (LA1). Personas	Ventas Netas (EC1). COP	Resultado operativo-EBITDA (EC7). COP	Material reciclado. kg	Residuos solidos(EN11). Kg	Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8).	Numero de accidentes de trabajo a la fecha (LA6). Und	Producción. Kg C.P.S
PAC 1	89221,00	7494,79	2787,6	38625,0	3	6489000,00	2972008,00	702,68	4548,09	4596	1	965,625
PAC 2	30960,00	7839,58	2236,1	18025,0	5	6056400,00	2688368,00	1104,10	4244,89	4872	6	901,25
PAC 3	109010,00	33225,83	19006,4	49903,5	12	6575520,00	3523949,00	1502,91	4608,74	6288	2	978,5
PAC 4	169600,00	8699,38	2683,3	21617,1	4	6315960,00	4014927,00	1994,72	4426,81	5340	0	939,875
PAC 5	65671,00	6002,71	691,3	7338,8	2	4931640,00	2200932,00	1022,45	3456,55	7440	4	733,875

Fuente: Autor.

Anexo D. Eficiencia relativa de cada DMU o PAC.

Input-Oriented CRS			Sum of Optimal Lambdas			
DMU No.	DMU Name	Efficiency	lambdas	RTS	with Benchmarks	
1	PAC 1	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 1
2	PAC 2	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 2
3	PAC 3	0,49632	1,385	Decreasing	1,062	PAC 2 0,323 PAC 5
4	PAC 4	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 4
5	PAC 5	1,00000	1,000	Constant	1,000	PAC 5

Fuente: Autor.

Anexo E. Slacks de entradas para cada PAC en el ecotopo 204A.

		<i>Input Slacks</i>				
				<i>Energía usadas por la organización para sus operaciones</i>		
DMU No.	DMU Name	<i>Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)</i>	<i>Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)</i>	<i>(EN3)</i>	<i>Consumo total de agua (EN5)</i>	<i>empleados</i>
1	PAC 1	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
2	PAC 2	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
3	PAC 3	0,00000	6225,63688	6835,39604	3255,67416	0,00000
4	PAC 4	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
5	PAC 5	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Fuente: Autor.

Anexo F. Slacks de salidas para cada PAC en el ecotopo 204A.

<i>Output Slacks</i>							
<i>Ventas Netas (EC1)</i>	<i>Resultado operativo-EBITDA (EC7)</i>	<i>Material reciclado</i>	<i>Residuos solidos(EN11)</i>	<i>Emissiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)</i>	<i>Numero de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)</i>	<i>Producción</i>	
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
1,44972	0,04219	0,00000	1016,09892	1290,40736	5,66420	215,73225	
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Fuente: Autor.

Anexo G. Target de entradas para cada PAC en el ecotopo 204A.

		<i>Efficient Input Target</i>				
					<i>Energía usadas por la organización para sus operaciones</i>	
<i>DMU No.</i>	<i>DMU Name</i>	<i>Costos de materias primas, mercancías, etc. (EC2)</i>	<i>Uso Materia prima, excluyendo el agua (EN1)</i>	<i>(EN3)</i>	<i>Consumo total de agua (EN5)</i>	<i>empleados</i>
1	PAC 1	0,08922	7494,79167	2787,60108	38625,00000	3,00000
2	PAC 2	0,03096	7839,58333	2236,05121	18025,00000	5,00000
3	PAC 3	0,05410	10264,96466	2597,85274	21512,36479	5,95582
4	PAC 4	0,16960	8699,37500	2683,26146	21617,12500	4,00000
5	PAC 5	0,06567	6002,70833	691,32075	7338,75000	2,00000

Fuente: Autor.

Anexo H. Target de salidas para cada PAC en el ecotopo 204A.

<i>Efficient Output Target</i>						
<i>Ventas Netas (EC1)</i>	<i>Resultado operativo-EBITDA (EC7)</i>	<i>Material reciclado</i>	<i>Residuos solidos(EN11)</i>	<i>Emisiones de gases efecto invernadero-CO2 (EN8)</i>	<i>Numero de accidentes de trabajo a la fecha (LA6)</i>	<i>Producción</i>
6,48900	2,97201	702,68048	4548,09375	4596,00000	1,00000	965,62500
6,05640	2,68837	1104,09524	4244,88750	4872,00000	6,00000	901,25000
8,02524	3,56614	1502,90848	5624,83392	7578,40736	7,66420	1194,23225
6,31596	4,01493	1994,72115	4426,81125	5340,00000	0,00000	939,87500
4,93164	2,20093	1022,44786	3456,55125	7440,00000	4,00000	733,87500

Fuente: Autor.

Anexo I. "Formato 2 registro de indicadores".

Anexo J. "Protocolo para la PAC 3".

|

10. BIBLIOGRAFÍA

- Actici, K. & Podinovski, V. (2015). Using data envelopment analysis for the assessment of technical efficiency of units with different specialisations: An application to agriculture. *Omega*. 54, 72–83.
- 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
- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis, *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Carsona, A. (2017). El reto en Colombia es producir 21 sacos de café por hectárea. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/economia/el-reto-en-colombia-es-producir-21-sacos-de-cafe-por-hectarea-2578368>.
- Chediak, F & Valencia, L. (2008). Metodologi para medir la eficiencia mediante la tecnica de analisis envolvente de datos-DEA. *Vector*, (3), 70-81.
- Cook, W. Tone, K. & Zhu, J. (2013). Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. *Omega*. 44, 1–4.
- Cooper W., Seiford, L., & Zhu, J. (2011). *Handbook on Data Envelopment Analysis. International Series in Operations Research & Management Science*. Austin, USA: Springer. Second Edition.
- Cordova, F. y Alberto, A. (2018) Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo. *Revista ingeniería de construcción*. vol.33 no.1 Santiago.

- De Blas, S., Arias, A. y J. Simón Martín (2007) Aplicación de la técnica DEA en la medición de la eficiencia de las bibliotecas de la Universidad Complutense de Madrid.
- Egorov, L., Kudla, N., Elost, H & Shan, S. (2012). *Sustainable Seabed Mining: Guidelines and a new Concept for Atlantis II Deep*, LRET Collegium 2012 Book Series Vol 4 (pp.41). Southampton, UK: University of Southampton.
- Elkington, J. (2004): Enter the triple bottom line, en Henriques, A. and Richardson, J., *The triple bottom line: does it all add up?* Ed. Earthscan, Londres.
- Europa Press (2016). La instalación de placas solares permite el ahorro del 24% de la factura de la luz. *Revista expansión*. Recuperado de: <https://www.expansion.com/empresas/energia/2016/04/04/57024b3446163fae678b45e1.html>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2014). Propuestas para la competitividad de la actividad cafetera. Colombia: CENICAFE.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2014). Ensayos sobre economía cafetera. (No.30) Colombia: CENICAFE.
- Gamboa, C (2013). Apuntes sobre investigación formativa. Versión Número 2. Ibagué, Colombia. Pag 41.
- Garcia, M. (2015). La Cuenta del triple Resultado o Triple Bottom Line. *Revista de Contabilidad y Direccion*. 20, 65-77.
- García Serna, O. L. (2009). Administración financiera fundamentos y aplicaciones (4 ed.): Prensa Moderna Impresores S.A.
- Garcia, J. & Gonzales, E.(2019). Aplicación y utilidad del análisis envolvente de datos en la medida de la eficiencia de los equipos de atención primaria de asturias. Recuperado de: <http://www.fgcasal.org/OLD/aes/docs/VicenteGarciaComunicacionJornadasAES1.pdf>

- George, D. y Mallery, P. *SPSS for Windows step by step: A Simple Guide and Reference. 11.0 Update* Boston: Allyn y Bacon, 2003.
- Gomez, L., Caballero, A & Baldión, J. (1991). Ecotopos cafeteros.. división de desarrollo social. CENICAFÉ – Agroclimatología.
- GRI. (2013). GRI (Global Reporting Initiative). Disponible en: <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/GRIG4-Part1-Reporting-Principles-and-Standard-Disclosures.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Caitulo 8. Selección de la muestra. En R. Hernández, C. Fernández, & M. Baptista, Metodología de la investigación (págs. 170-195). Bogotá, Colombia: McGrawHill.
- Luzuriaga, J. Análisis de las herramientas administrativas-financieras para la toma de decisiones a corto plazo y aplicación en "Suam Malateria y Publicidad". Tesis de grado titulación, área administrativa, universidad técnica particular de Loja. 2015. Pag 32.
- Martínez B. Análisis comparativo de las principales herramientas de planeación financiera. Tesis de grado maestría, facultad ingeniería Universidad nacional autónoma de mexico. 2010. Pag 37-40.
- Ministerio de Industria, turismo y comercio. (2009). Ahorro y eficiencia energética con agricultura de conservación. Madrid: Gobierno de España.
- Olcese, A. (2009). Manual de la Empresa Responsable y Sostenible, McGraw-Hill, Madrid.
- Onyali, C. (2014). Triple Bottom Line Accounting and Sustainable Corporate Performance. *Research Journal of Finance and Accounting. Vol.5, No.8.* 195-209.
- Ospina, O., Duque, H y Farfán, F. Análisis económico de la producción de fincas cafeteras convencionales y orgánicas en transición en el departamento de Caldas. Cenicafé. 54(3): 197-207. 2003.

- Paternoster, A. (2011). Herramientas para medir la sostenibilidad corporativa: un análisis comparativo de las memorias de sostenibilidad. *Universitat Politècnica de Catalunya*. 2, 35-50.
- Quintanar, J., Fuentes, M. y Flores, R. (2012). Protocolo de mejora continua para incrementar la calidad en el estufado de madera. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(13), 87-94.
- Rodríguez L. & Ríos L. (2016). Evaluación de sostenibilidad con metodología GRI. *Dimens.empres. vol.14 no.2*
- Rodríguez N. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Chinchina Caldas, Colombia; 2000. P
- Rodríguez, R. & Pía, M. (2017)Eficiencia técnica en la agricultura familiar: Análisis envolvente de datos (DEA) versus aproximación de fronteras estocásticas (SFA). *Nova scientia vol.9 no.18 León*.
- Romero, J. (2002). Producción Agroecológica. Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología –CEA–. Quito, Ecuador: Consorcio Camaren.
- Saldivar, A. Planeación Financiera de la empresa; 3ª. Edición; Ed. Trillas; México; 1999; 184 pág 30-35.
- Santamaria, P. (2012). ¿Cuánto podemos ahorrar realmente con la iluminación LED? Especial: Iluminación LED. *Revista Xalaka smart home*. Recuperado de: <https://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/cuanto-podemos-ahorrar-realmente-con-la-iluminacion-led-especial-iluminacion-led>
- Sherman, W.R. (2012) The Triple Bottom Line: The Reporting Of “Doing Well” & “Doing Good”. *Journal of Applied Business Research*. 28(4), 673-682.
- Triantis, K.P. (2004).Engineering Applications of Data Envelopment Analysis. En W.W. Cooper, L. Seiford & J. Zhu,(Ed.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (pp. 401–441). Boston, USA: Springer.

- Wang, D., Li, S., & Sueyoshi, T. (2014). DEA environmental assessment on US Industrial sectors: Investment for improvement in operational and environmental performance to attain corporate sustainability. *Energy Economics*, 45, 254-267.
- Wu, H., Liu, Y., Xia, Q., & Zhu, W. (2014). Measuring efficiency of recycling systems based on data envelopment analysis (dea) network: a case from chinese provincial circular economy. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 13(5).
- Yilmaz, B. and Harmancıoğlu, N.B. (2008). The use of Data Envelopment Analysis in Assessment of Irrigation Efficiency. International Congress on River Basin Management, Basin Water Management. pp.350
- Zhu, J. (2009). Quantitative models for performance evaluation and benchmarking: data envelopment analysis with spreadsheets. United States of America: Springer, University of Stanford.