



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“Evaluación de sostenibilidad del cultivo de frutilla bajo el sistema aeropónico en
comparación al sistema tradicional”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGROPECUARIO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos
naturales

SUBLINEA: Desarrollo y sostenibilidad

AUTOR: KELY NICOLE GONZÁLEZ RUEDA

ASESOR: PhD. JHENNY CAYAMBE

IBARRA, JUNIO 2021

Ibarra, 01 de junio de 2021

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán
ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f):

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 172112237-0

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

PhD. Jhenny Marlene Cayambe Terán

C.C.: 172112237-0

(f): 

Mgs. José Valdemar Andrade Cadena

C.C.: 100192716-7

(f): 

Mgs. Diego Miguel Puerres Vera

C.C.: 100167898-2

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo Kely Nicole González Rueda, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 01 de junio de 2021



f):

Kely Nicole González Rueda

C.C.: 100317342-2

AUTORÍA

Yo, Kely Nicole González Rueda, portador de la cédula de ciudadanía N° 100317342-2, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):

Kely Nicole González Rueda

C.C.: 100317342-2

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Kely Nicole González Rueda, con C.C.: 100317342-2, autor del trabajo de grado intitulado: “EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE FRUTILLA BAJO EL SISTEMA AEROPÓNICO EN COMPARACIÓN AL SISTEMA TRADICIONAL”, previo a la obtención del título profesional de Ingeniería en Agropecuaria, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 01 de junio de 2021



f):

Kely Nicole González Rueda

C.C.: 100317342-2

DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: “EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO DE FRUTILLA BAJO EL SISTEMA AEROPÓNICO EN COMPARACIÓN AL SISTEMA TRADICIONAL”, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha Ibarra, 17 de septiembre del 2020

Para constancia firma:



f):

Kely Nicole González Rueda
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C/ Pasaporte: 100317342-2
Carrera: Ingeniería en Agropecuaria

Ibarra, 01 de junio de 2021

DEDICATORIA

Dedico desde el fondo de mi corazón mi tesis principalmente a Dios, a mi madre Angelita Viviana Rueda, y mi padre José Estaban González.

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que, dado, cuidándome y dándome fortaleza, convicción y sabiduría para continuar.

A mi madre Angelita Viviana Rueda que ha sido un pilar fundamental en cada una de las etapas de mi vida y por quien me esfuerzo cada día para ser mejor.

A mi padre José Esteban González por sus ánimos, esfuerzos y motivación que me da para conseguir mis metas.

A mis hermanos Jimmy, Kevin, Julián, Daniel y Gabriel, a mis tíos, a mis abuelitos, y a toda mi familia quien con su apoyo incondicional han estado conmigo en los momentos difíciles de mi vida, quienes con sus palabras de aliento me daban fuerzas para seguir adelante y no desmayar en el camino.

Mi reconocimiento y gratitud a mi directora de tesis PhD. Jhenny Cayambe quien supo guiarme de la mejor manera para culminar este arduo trabajo.

Kely Nicole González Rueda

AGRADECIMIENTO

Mi eterno agradecimiento a Dios todo poderoso por ser la fuerza que me impulsa seguir adelante me ha guiado por el camino correcto, me ha cuidado de las adversidades en el transcurso de estos años y por su infinito amor y misericordia.

A mi madre Angelita Viviana Rueda y mi padre José Esteban González, para mí, son mis ejemplos a seguir, quienes siempre me dieron su apoyo y su cariño incondicional, le doy las gracias por el gran esfuerzo que hicieron para darme los estudios y educarme con principios y valores.

A mis hermanos Jimmy, Kevin, Julián, Daniel y Gabriel que son lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

A mi mejor amiga Estefanía por siempre estar ahí apoyándome y dándome ánimos desde el inicio de nuestra carrera profesional.

A la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra por abrirme las puertas hacia el camino de la superación profesional, a cada uno de los y las docentes quienes compartieron sus conocimientos durante toda mi carrera superior.

Y finalmente mi más sincero agradecimiento a la Dra. Jhenny Cayambe, directora de Tesis sin cuyo apoyo y experiencia no hubiera sido posible la realización del presente trabajo investigativo.

Kely Nicole González Rueda

ÍNDICE

DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTO	viii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I.....	3
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO II	6
OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivos específicos	6
2.3. Pregunta de Directriz	6
CAPÍTULO III	7
ESTADO DEL ARTE.....	7
3.1. Cultivo de frutilla.....	7
3.1.1. Generalidades.....	7
3.1.2. Taxonomía	8
3.1.3. Descripción del cultivo	8
3.2. Sistema Tradicional de cultivo de frutilla.....	10
3.2.1 Labores culturales	10
3.3. Sistema Aeropónico.....	15
3.3.1. Labores culturales del sistema aeropónico	16
3.3.2. Ventajas del sistema de aeroponía	17
3.3.3. Desventajas del sistema Aeropónico.....	18
3.3.4. Importancia de la aeroponía en la producción	18
3.4. Inconvenientes en el Ecuador y en otros países relacionados con la sostenibilidad. 19	
3.4.1. Integridad Ambiental	19
3.4.2. Resiliencia Económica.....	21
3.4.3. Bienestar Social.....	22
3.4.4. Buena Gobernanza	22
3.5. Desarrollo Sostenible	23

3.5.1. Dimensiones del instrumento de SAFA	23
3.5.2. Herramienta SAFA como referencia para el sector agropecuario	24
CAPÍTULO IV	25
MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1. Materiales y Softwares.....	25
4.2. Métodos	25
4.2.1. Fase 1.- Métodos para el desarrollo de la investigación	26
4.2.2. Fase 2.- Recolección de datos	27
4.2.3. Fase 3.- Evaluación de Sostenibilidad	27
4.2.4. Fase 4. - Análisis comparativo de la sostenibilidad en escenarios de cultivo tradicional frente al aeropónico.....	37
CAPÍTULO V	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1. Análisis comparativo de la sostenibilidad del sistema aeropónico y tradicional.	39
5.2. Evaluación de las dimensiones de sostenibilidad: económica, ambiental, social y en términos de gobernanza, del sistema aeropónico y tradicional.	43
5.2.1. Dimensión de Buena Gobernanza.....	44
5.2.2. Dimensión Integridad Ambiental	45
5.2.3. Dimensión Resiliencia Económica	46
5.2.4. Dimensión Bienestar Social	48
5.3. Resultados de la socialización	50
CAPÍTULO VI.....	56
CONCLUSIONES.....	56
CAPÍTULO VII.....	59
RECOMENDACIONES	59
CAPÍTULO VIII	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la frutilla.....	8
Tabla 2. Dimensiones, temas y subtemas desarrollados por la herramienta SAFA (Evaluación de la sostenibilidad para la alimentación y la agricultura).	28
Tabla 3. Nivel de sostenibilidad en función de unidades cuadradas y porcentajes (categorización por colores).	30
Tabla 4. Área total en unidades cuadradas (u^2) y en porcentaje (%), de la circunferencia de sostenibilidad.....	33
Tabla 5. Área total en unidades cuadradas (u^2) y en porcentaje (%), de las dimensiones de la circunferencia sostenible.	34
Tabla 6. Área total en unidades cuadradas (u^2) y en porcentaje (%), de los temas de la que conforman cada dimensión de la sostenibilidad.	36
Tabla 7. Área total de sostenibilidad de los polígonos de cada sistema de producción evaluado.	40
Tabla 8. Área total de sostenibilidad de las dimensiones del polígono del sistema aeropónico.	40
Tabla 9. Área total de sostenibilidad de las dimensiones del polígono del sistema tradicional en el cultivo de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>).	41
Tabla 10. Área total de sostenibilidad de cada tema, en los sistemas aeropónico y tradicional en el cultivo de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>).	41
Tabla 11. Área total de sostenibilidad de cada dimensión, en los sistemas aeropónico y tradicional en el cultivo de frutilla (<i>Fragaria ananassa</i>).	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de los índices de madurez de la fresa.	13
Figura 2. Metodología para el análisis de sostenibilidad en sistema aeropónico y tradicional.	25
Figura 3. Vista algebraica y gráfica del programa GeoGebra para los grados de sostenibilidad en el sistema tradicional.	31
Figura 4. Áreas de las dimensiones de la circunferencia sostenible.	34
Figura 5. Polígono de sostenibilidad.	38
Figura 6. Comparación gráfica resultante de la evaluación de sostenibilidad utilizando el marco de evaluación SAFA-FAO con las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza de los dos sistemas de producción en estudio (aeropónico y tradicional).	39
Figura 7. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	50
Figura 8. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	50
Figura 9. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	51
Figura 10. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	52
Figura 11. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	52
Figura 12. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	53
Figura 13. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	53
Figura 14. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	54
Figura 15. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Modelo de Encuesta para los productores de cultivo de frutilla de la parroquia de González Suárez (Imbabura).	68
Anexo 2 Base de datos de la Información general de los productores de cultivo de frutilla de la parroquia de González Suárez (Imbabura).	69
Anexo 3 Base de datos del manejo de cultivo de frutilla de los productores de la parroquia de González Suárez (Imbabura).	69
Anexo 4 Programa SAFA versión 2.2.4.	71
Anexo 5 Cuatro dimensiones para la evaluación de la sostenibilidad en los dos sistemas de producción.	72
Anexo 6 Traducción y resolución de preguntas Ambiental, Económico, social y de buena gobernanza del Software SAFA.	72
Anexo 7 Cálculos promedio de dimensiones y temas, de cada sistema de producción (aeropónico y tradicional), mediante software estadístico Excel.	73
Anexo 8 Niveles de sostenibilidad utilizando el marco de evaluación SAFA-FAO con las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema aeropónico y tradicional en el cultivo de frutilla.	73
Anexo 9 Cálculo del área del polígono de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla.	74
Anexo 10 Cálculo de las áreas de las dimensiones de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla.	74
Anexo 11 Cálculo de los temas de sostenibilidad por (nivel del 0 al 10) utilizando la herramienta GeoGebra en las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla.	75
Anexo 12 Niveles de sostenibilidad utilizando el marco de evaluación SAFA-FAO con las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.	75
Anexo 13 Cálculo del área del polígono de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.	76
Anexo 14 Cálculo de las áreas de las dimensiones de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.	76

Anexo 15 Cálculo de las áreas de los temas de sostenibilidad por (nivel del 0 al 10), utilizando la herramienta GeoGebra en las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.....	77
Anexo 16 Socialización del proyecto de investigación a docentes y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.	77
Anexo 17 Socialización del proyecto de investigación en el evento del III Encuentro de Investigación e Innovación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra	78

RESUMEN

La frutilla es el tercer producto más importante de producción en las comunidades aledañas al lago San Pablo, en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura; sin embargo, la baja rentabilidad de producción de frutilla es debido al empirismo con el que se maneja el cultivo en la zona, los agricultores no consideran la sostenibilidad, especialmente al momento de realizar labores con agroquímicos. Una solución ante esto es implementar un sistema de producción alternativo sostenible, con la finalidad de mejorar el rendimiento en cuanto a indicadores de sostenibilidad. El objetivo general de este estudio fue evaluar la sostenibilidad del cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*) bajo el sistema aeropónico en comparación al sistema tradicional en función de un análisis de sostenibilidad ambiental, económico, social y de buena gobernanza. Para el desarrollo del estudio se utilizó la metodología de análisis de sostenibilidad, mediante la utilización del software SAFA “Evaluación de la Sostenibilidad para la Alimentación y la Agricultura” (por sus siglas en inglés). Esta herramienta considera fundamentalmente dimensiones de la sostenibilidad: ambiental, económica, social y de buena gobernanza, las cuales fueron analizadas en los dos tipos de sistemas de producción para el cultivo de frutilla y así obtener un enfoque amplio de la eficacia de los dos sistemas de producción. Para llevar a cabo este análisis se desarrollaron encuestas a doce productores de la parroquia de González Suárez, y se determinó el nivel de sostenibilidad de cada sistema de producción de frutilla (aeropónico y tradicional). Los resultados más relevantes demuestran que la aeroponía resulta ser más sostenible en tres de los indicadores evaluados, frente al sistema tradicional. Esta investigación realizada en forma bibliográfica, evidencia la potencialidad del sistema aeropónico en términos de sostenibilidad al influir altamente en la reducción de impactos ambientales, capacidad de producción a gran escala y de calidad, generación de ingresos y empleo, fortalecimiento del desarrollo local, y mayor participación social.

Palabras clave: sostenibilidad, aeropónico, producción, *Fragaria ananassa*, SAFA

ABSTRACT

The strawberry is the third most important product of production in the communities surrounding Lake San Pablo, in the Otavalo canton, Imbabura province. However, the low profitability of strawberry production is due to the empiricism with which the crop is managed in the area, farmers do not consider sustainability, especially when carrying out work with agrochemicals. A solution to this is to implement a sustainable alternative production system, in order to improve performance in terms of sustainability indicators. The general objective of this study was to evaluate the sustainability of the strawberry crop (*Fragaria ananassa*) under the aeroponic system in comparison with the traditional system based on an analysis of environmental, economic, social and good governance sustainability. For the development of the study, the sustainability analysis methodology was used, using the SAFA software "Sustainability Assessment for Food and Agriculture" (for its acronym in English). This tool fundamentally considers dimensions of sustainability: environmental, economic, social and good governance, which were analyzed in two types of production systems for strawberry cultivation and thus obtain a broad approach to the effectiveness of the two production systems. To carry out this analysis, surveys were carried out with twelve producers in the parish of González Suárez, and the level of sustainability of each strawberry production system (aeroponic and traditional) was determined. The most relevant results show that aeroponics turns out to be more sustainable in three of the indicators evaluated, compared to the traditional system. This research, carried out in bibliographic form, shows the potential of the aeroponic system in terms of sustainability by highly influencing the reduction of environmental impacts, large-scale production capacity and quality, generation of income and employment, strengthening of local development, and greater social participation.

Keywords: sustainability, aeroponics, production, *Fragaria ananassa*, SAFA.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El sistema de producción agrícola ecuatoriano es de gran importancia económica, ambiental, social y de gobernanza para el país. Comprenden aspectos físicos ambientales (como nutrientes del suelo, balance hídrico, plantas, animales, insumos inorgánicos, insumos orgánicos y atmósfera); socioeconómicos (género, seguridad alimentaria, capital, rentabilidad. etc), y de gobernanza (una agricultura holística, participativa, distributiva y viable) como constituyentes fundamentales para que el desarrollo de la sostenibilidad sea efectivo.

Sin embargo, en el Ecuador el sistema de producción agrícola tradicional para el cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*), está representado por su producción a pequeña escala y mínima inversión de capital financiero. Además, la mano de obra con actividades establecidas en la aplicación de conocimientos y experiencias tradicionales ha contribuido a que la agricultura tradicional suponga un impacto ambiental fuerte en el ecosistema, el aumento de agroquímicos (plaguicidas y fertilizantes) en el cultivo de frutilla ha causado erosión, salinización del suelo, disminución de la productividad y en la calidad del fruto. Este incorrecto manejo de restos orgánicos e inorgánicos, son dificultades muy importantes a los que hay que hacer frente para conservar un ecosistema natural.

Quishpe (2013), afirma que el escaso rendimiento de la frutilla en Imbabura, es un problema de muchos agricultores, la mayor parte de la producción de frutilla se realiza de una forma tradicional a campo abierto; además, es muy susceptible a factores de carácter biótico y abiótico como plagas, enfermedades, altas temperaturas, precipitaciones, vientos y heladas, las cuales limitan el rendimiento y afectan la calidad de la fruta, esto hace que los productores apliquen excesivos fertilizantes y agroquímicos. Como consecuencia se evidencia el impacto sobre la salud a los pobladores a través del aire, el agua o el contacto directo con el tipo de insumos externos.

Lechón (2015), menciona que algunos agricultores que se dedican a la producción de la frutilla tienen una ley que prioriza el acceso y uso equitativo de agua y tierra en la parroquia de González Suárez, lo cual permite generar fuentes de empleo a pequeños productores familiares. Sin embargo, estos recursos aún están monopolizados y concentrados en pocas

manos. Debido a estas circunstancias, el recurso agua se vuelve un factor limitante en la producción de este cultivo.

En la Granja Experimental de la Escuela de Ciencias Agrícolas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, se desarrolló con fines investigativos el sistema aeropónico para producción de frutilla, mismo que necesita analizarse si en las condiciones actuales (investigación), es o no sostenible desde las cuatro dimensiones de sostenibilidad: económico, ambiental, social y gobernanza.

Por otro lado, a pesar de que el sistema tradicional de producción de frutilla lleva varios años, desarrollándose, se desconoce el nivel de sostenibilidad y/o los aspectos críticos que requieren atención como ambiental, económico, social y de buena gobernanza.

Por lo mencionado anteriormente, en esta investigación se propuso evaluar la sostenibilidad de los dos sistemas de producción (aeropónico y tradicional), mediante el uso del software SAFA (Evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación, por sus siglas en inglés), diseñado por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), donde se evaluó la sostenibilidad del sistema de producción tradicional y el sistema de producción aeropónico para el cultivo de frutilla (*fragaria x ananassa*), tomando como punto de partida un conjunto de indicadores como son: integridad ambiental, resiliencia económica, buen vivir y buena gobernanza, que fueron utilizados como referencia donde se evaluó cualitativamente las situaciones en las que se encuentra estos dos sistemas de producción.

En el capítulo III, se hace referencia a los principales conceptos con respecto a las generalidades del cultivo de frutilla, su taxonomía, descripción del cultivo, el sistema tradicional, labores culturales, el sistema aeropónico, labores culturales del sistema, ventajas y desventajas del mismo, importancia de la aeroponía, inconvenientes en el Ecuador y otros países, dimensiones del instrumento SAFA, y herramienta SAFA como referencia para el sector agropecuario. Además, en el capítulo IV, describe los métodos empleados para el análisis de sostenibilidad de los dos sistemas de producción (aeropónico y tradicional), mediante el uso de softwares (SAFA y GeoGebra) para evaluar los 4 indicadores de la sostenibilidad. Por otra parte, en el capítulo V, se mencionan los principales resultados y la

respectiva discusión de los mismos, para finalmente, describir en los capítulos VI y VII las principales conclusiones y recomendaciones a las que se llegaron en la investigación.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la sostenibilidad del cultivo de frutilla bajo el sistema aeropónico en comparación al sistema tradicional.

2.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la sostenibilidad económica, ambiental, social y en términos de gobernanza, del sistema aeropónico de la Granja ECAA, mediante el software Evaluación de la sostenibilidad para la alimentación y la agricultura (SAFA).
- b) Evaluar las cuatro dimensiones de sostenibilidad en el cultivo de frutilla bajo el sistema tradicional (en suelo), mediante el instrumento Evaluación de la sostenibilidad para la alimentación y la agricultura (SAFA).
- c) Identificar los aspectos críticos relacionados con la sostenibilidad en cada sistema de producción (aeropónico y convencional) para la generación de propuesta de mejora.

2.3. Pregunta de Directriz

¿Los sistemas de producción de frutilla aeropónico y convencional son sostenibles económico, social, gubernamental y ambientalmente?

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1. Cultivo de frutilla

3.1.1. Generalidades

El cultivo de frutilla pertenece a la familia Rosácea y el género *Fragaria*, es una planta herbácea, perenne y estolonífera que crece en forma rústica en América, Asia y Europa. En el siglo XIX aparecieron los primeros híbridos entre las variedades europeas fruto pequeño (*F. vesca*, *F. alpina* y *F. viridis*) y las americanas de frutos grandes (*F. chiloensis* y *F. virginiana*) dando como resultados a frutos con mejores características (Gugole, 2012).

La especie *Fragaria x ananassa* es el híbrido que actualmente mejor se comercializa, es el resultado del cruce de dos variedades, *Fragaria virginiana*, originaria de Norte América, y *Fragaria chiloensis*, originaria de la costa del Pacífico de América del Norte y del Sur (Gugole, 2012).

Posee tallos con entrenudos muy pequeños, sus hojas son ovaladas, trifoliadas, con pedúnculo largo, sus flores son blancas hermafroditas, asociadas en ramas de 3 a 11 cm. Emite tallos al ras del suelo llamado estolones, que dan comienzo a nueva planta. El fruto, es un falso fruto conocido como receptáculo que al inicio es verde y al madurar alcanza su color rojizo (Quishpe, 2013).

3.1.2. Taxonomía

Tabla 1.

Clasificación taxonómica de la frutilla.

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>ananassa</i>
Nombre científico	<i>Fragaria x ananassa</i>
Nombre común	Fresa

Nota: Esta tabla muestra la taxonomía de la frutilla variedad *ananassa*

Adaptado de Muñoz, C. (2011).

3.1.3. Descripción del cultivo

La descripción botánica de la frutilla son las siguientes:

Raíz

El sistema radical se origina en la corona, es de aspecto fibroso, sus raíces primarias son gruesas, de color café oscuro y hacen el papel de soporte, sus raíces secundarias que son ramificaciones de las primarias, son más finas y de color marfil, su función principal es formar una masa radicular que absorba los nutrientes y es el almacenamiento de sustancias de reserva (Tovar, 2007).

Tallo

Presenta un tallo corto denominado corona, a partir el cual lleva yemas vegetativas y florales, donde surgen las hojas en cada nudo, estolones o guías y las inflorescencias. Su tamaño del tallo o corona es de 2 a 6 cm de longitud y de forma cilíndrica (Tovar, 2007).

Hojas

Solís (2011), manifiesta que las hojas son compuestas en tres folíolos de forma pinadas o palmeadas, tiene estípulas en su base y su grosor es diferente según la variedad, tiene un color verde vivo por la parte superior (haz) y verde grisáceo en el inferior (envés). Las hojas de frutilla muestran muchas estomas lo que les permite su transpiración, una planta con 10 hojas le permite transpirar medio litro de agua al día.

Estolones

Son brotes finos, se originan de las yemas axilares de las hojas. En el extremo del estolón se desarrolla una roseta de hojas que en contacto con el suelo desprende raíces, lo que origina una nueva planta con parecidos caracteres que la planta madre (Tovar, 2007).

Flores

Son simétricas y hermafroditas, con órganos masculinos y femeninos (estambres y pistilos). Cada flor está constituida por 5 sépalos que forman un cáliz, por 5 pétalos que forman una corola generalmente blancos, de forma redondeadas u ovaladas, está constituido de 20 a 35 estambres (órgano masculino), compuesto cada estambre por filamentos, con longitud variable que sujetan a las anteras que abarcan el polen, las flores también contienen un sin número de pistilos (órgano femenino), se encuentran de forma espiral y cada uno está formado por un ovario y un ovulo en su interior que al ser polinizadas por insectos o por el viento, se produce la germinación y fecundación de los óvulos de la flor para dar origen al akenio (Tovar, 2007).

Inflorescencia

Muñoz (2011), menciona que las flores están asociadas en inflorescencias, se originan en la yema terminal, sin embargo, la yema lateral contiguo a la terminal pasa a una yema

vegetativa terminal, donde nuevamente genera una inflorescencia, y así continuamente teniendo períodos de floración en donde va nuevas yemas axilares que generan nuevas coronas. Las inflorescencias son de radicaciones basales o distales. La flor tiene entre 5 y 6 pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnosos.

Fruto

Es un falso fruto constituido por el receptáculo maduro llega hasta 5 cm de diámetro de estructura achatada, globosa, cónica alargada, de color rosado, carmín, rojo o purpura. El receptáculo muestra una diversidad de aromas y gusto dependiendo de la variedad de la planta.

Solís (2011), menciona que los aquenios son considerados como las semillas de la frutilla, se encuentran en la superficie del receptáculo y miden aproximadamente 1 mm de largo, son de color amarillo, verde, rojo y marrón. Un receptáculo suele tener 150 a 200 aquenios.

3.2. Sistema Tradicional de cultivo de frutilla

3.2.1 Labores culturales

Preparación del suelo

El cultivo de frutilla requiere una correcta preparación de suelo, que conceda condiciones favorables para el desarrollo de raíz, circulación del agua y de aire, mejorar la capacidad de retención de la humedad del suelo y drenaje (IICA, 2017).

Angulo (2009), establece que dentro de esta actividad se debe realizar dos pasadas en cruz con arado de disco, esto sirve para soltar y remover el suelo y tener las condiciones favorables para el cultivo, para consecutivamente realizar las aplicaciones de los correctivos y hacer una pasada con rastrillo en la dirección al que van a ir las camas.

Anrango (2017), menciona que los suelos de la parroquia de González Suárez, poseen una textura más gruesa a la arcilla, como es la textura franco arenosa, por lo que los plaguicidas no se verían influenciados por la “Montmorillonita”, que es un mineral que tiene la textura arcillosa, por lo tanto, el cultivo de frutilla en la zona que se ha mencionado, utiliza agroquímicos que pueden ser foco de contaminación de los recursos natural. Es por eso que

es importante mencionar que en la zona mencionada en líneas anteriores tienen suelos permeables que dejarían pasar los restos de agroquímicos utilizados hacia capas freáticas, proceso conocido como percolación.

Abonado

Muñoz (2011), afirma que la fresa es una planta exigente en materia orgánica, por lo que es conveniente el aporte de estiércol de alrededor de 3 kg/m², que además debe estar muy bien descompuesto para evitar favorecer el desarrollo de enfermedades y se incorpora con las labores de preparación del suelo.

Desinfección del suelo

Chiqui y Lema (2010), manifiestan que para la desinfección del suelo por agentes biológicos como: hongos patógenos, nematodos parásitos, ácaros, insectos y malas hierbas, se utiliza fungicidas como el *bromuro de metileno* más *cloropicrina* en dosis recomendada por los fabricantes. Anrango (2017), menciona que también se utiliza el método de la solarización, que se basa en la elevación de la temperatura del suelo durante treinta o más días en la época de máxima temperatura.

Levantamiento de camas

Chiqui y Lema (2010), mencionan que el sistema tradicional de cultivo de frutilla se caracteriza por formar camas de doble hilera, 30 cm del nivel del suelo y el ancho de cama puede variar según el manejo que se pretenda realizar, sin embargo, en la actualidad lo más aconsejable es realizarlo de 60 cm para facilitar el manejo en los cuidados culturales y la recolección de los frutos.

Propagación

Según Angulo (2009), hay tres tipos de propagación en el cultivo de frutilla.

- Por estolón: El estolón se mantiene incorporado a la planta madre hasta que esté logre obtener los nutrientes adecuados. Posteriormente, la pequeña planta se retira de la madre, está es la forma más común de propagar este cultivo.

- Por división de la corona: Esta técnica es manejado en las variedades que producen escasos estolones. Es recomendable utilizar únicamente plantas jóvenes menores de un año, que poseen la corona bien desarrollada y con un buen desarrollo de raíces.
- Por micropropagación: Esta técnica se utiliza los tejidos de la planta, principalmente de las partes terminales o ápices meristemáticos de los estolones o de la corona.

Plantación

Sobre las camas se realiza la perforación de los hoyos en el plástico quedando lista para proceder a la plantación. Las dimensiones de siembra recomendadas a doble hilera son: 40 cm sobre hilera y 30 cm entre planta (Chiqui y Lema, 2010).

Fertilizantes

Solís (2011), explica que como abonado de fondo se pueden aportar alrededor de 100 g/m² de abono complejo 15-15-15. En riego por gravedad, el abonado de cobertera puede realizarse de la siguiente forma: al comienzo de la floración, cada tercer riego se abona con una mezcla de 15 g/m² de sulfato amónico y 10 g/m² de sulfato potásico, o bien, con 15 g/m² de nitrato potásico, añadiendo en cada una de estas aplicaciones 5 cc/m² de ácido fosfórico.

La recomendación de fertilización debe ser acorde con los análisis de suelo que se pueden hacer cada 2 ó 3 años y análisis foliares todos los años, con ello se entregan los elementos específicos y en las cantidades adecuadas, promoviendo calidad y altos rendimientos, en definitiva, mayor rentabilidad (IICA, 2017).

Riego

Arango (2017), menciona que la frutilla es una planta que demanda gran cantidad de agua de calidad, no tanto de volumen si no de frecuencia, especialmente cerca de las raíces.

El mismo autor menciona que existe 3 tipos de riego comúnmente utilizados en las plantaciones de frutilla como son: por cinta o goteo, por surcos y por aspersión. Para elegir el mejor método de riego es necesario tomar en cuenta aspectos como, disponibilidad de agua, tipo de suelo, topografía del terreno, disponibilidad de energía y disponibilidad de mano de obra.

Podas

Llumiquinga (2017), menciona dos podas que se realizan en el ciclo productivo de la frutilla.

De mantenimiento o deshoje: se basa en eliminar las hojas secas o que ya desempeñaron con su función, así logrando aumentar la aireación, reduciendo los problemas de hongos causados por alta humedad relativa (> del 85%) y estimulando el crecimiento de nuevas inflorescencias y por supuesto nuevos frutos.

Fitosanitaria: Consiste en eliminar todas las hojas con problemas de hongos o bacterias y que muestren problemas de ácaros u otro artrópodo plaga. También se deben eliminar las flores que presenten problemas de Botrytis y los estolones frágiles.

Cosecha

La cosecha se realiza cuando la fruta ha alcanzado su estado de madurez fisiológica, se realiza de forma manual se separa la frutilla de la planta conservando el cáliz y el pedúnculo, para colocar en pequeños baldes, canastas plásticas etc. Este proceso demanda cuidado para que la frutilla llegue al mercado en óptimas condiciones, posteriormente a dicha práctica se prosigue con el manejo de postcosecha (Parra, 2018).

La cosecha de frutilla se recolectan frutos de buena apariencia física, considerando la coloración (frutas completamente rojas), descartando aquellas frutas con daño por plagas o enfermedades (Arellano, 2020). Para el consumo nacional la frutilla se comercializa entre las escalas 7 y 8, mientras que para exportarla se utiliza los niveles 5 y 6 (el fruto con coloración 3/4) (Camelo, 2003).

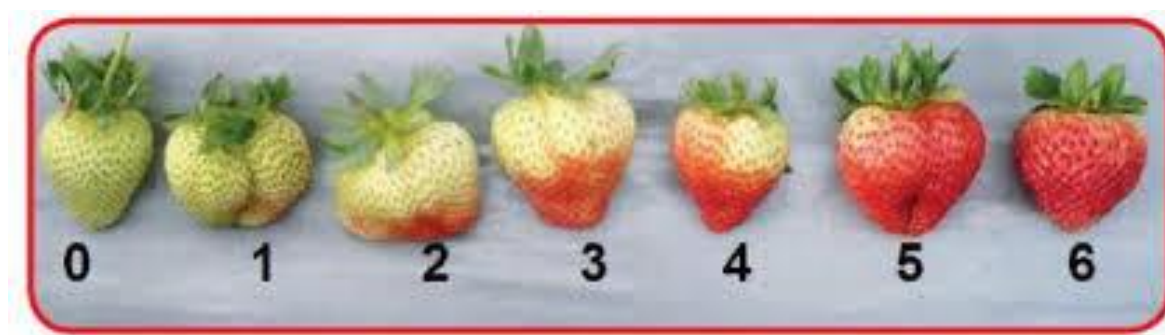


Figura 1. Esquema de los índices de madurez de la fresa. Manual Técnico del Cultivo de Fresa Bajo Buenas Prácticas Agrícolas (2014, como se citó en Pazmiño, 2019).

Postcosecha

Según ITCS (2018), menciona que el manejo postcosecha es importante conocer las principales etapas como: limpieza, desinfección, preparación de equipos, manipulación para la cosecha, clasificación, empaque, almacenamiento y transporte.

Limpieza

Es el proceso u operación de eliminación de residuos de alimentos u otras materias extrañas o indeseables. Se deben limpiar superficies, equipos, canastillas, herramientas, pisos, mesas de trabajo y demás utensilios que se requieran para la comercialización del producto, utilizando detergentes neutros, según las especificaciones de los fabricantes.

Desinfección

Es la labor que se realiza posterior a la limpieza, cuya finalidad es destruir los microorganismos patógenos o dañinos. Se deben desinfectar igualmente superficies, pisos, canastillas, herramientas, mesas, ambientes, entre otros. Para este proceso se utilizan principalmente sustancias cloradas, yodadas o a base de amonio cuaternario. Es importante tener en cuenta, que se debe hacer rotación de productos para no crear resistencia de los microorganismos, dicha rotación se puede realizar una vez al mes con un producto con principio activo diferente al de uso cotidiano.

Empaque

Se han comprobado que los empaques tradicionales de cajas de madera de capacidad de 10 a 15 kilos con las medidas recomendadas son 60 cm x 40 cm x 13 cm. favorecen el deterioro del producto aumentando los daños físicos, la presencia de hongos, contribuyen a generar pérdidas y daños, y en la mayoría de los casos se llega a la pérdida total del producto, debido a los golpes de los frutos durante el transporte o la fermentación durante el almacenamiento.

Transporte

Para un transporte adecuado de la frutilla se recomienda utilizar camiones refrigerados para preservar la fruta; no es recomendable el uso de vehículos de carpa o camionetas en las que no cuenta con condiciones higiénicas ni controladas.

Almacenamiento

El almacenamiento permite tener productos durante periodos posteriores a la cosecha, es de principal cuidado el almacenamiento de los frutos, ya que factores como la humedad relativa, la temperatura, el flujo del aire y la presencia de etileno pueden afectar la calidad de fruto ya empacado. Normalmente el almacenamiento de la frutilla se hace bajo refrigeración, pero sin control de las variables antes mencionadas, la vida útil de esta oscila entre cuatro y seis días, limitando su comercialización. Cuando se almacena la fruta por periodos de tiempo largos se recomienda el uso de atmosferas modificadas con un alto contenido de CO₂ y bajo de oxígeno, para retardar la tasa de respiración y la maduración del fruto.

Rendimiento

La producción de la frutilla dura de 15 a 28 meses, su rendimiento varía dependiendo de la variedad de semilla cultivada (Álvarez, 2019). La variedad Monterrey muestra un potencial rendimiento de 1.300 gr/planta (80 ton/ha)., mientras que la variedad Albión muestra un rendimiento 1.200 gr/planta (74 ton/ha). Este rendimiento alcanzado por la variedad bajo condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico óptimas para el cultivo (Pazmiño, 2019).

3.3. Sistema Aeropónico

La palabra "Aeroponía" viene de los términos griegos *aer* (aire) y *ponos* (trabajo), es una técnica de cultivo moderno, en que las raíces están suspendidas en el aire y crecen dentro de cajones (módulos) vacíos y oscuros. En estos cajones se provee las soluciones nutritivas en forma habitual y nebulizada, aplicando directamente a la raíz, por medio de la cual la planta va creciendo y desarrollando en un entorno de ambiente protegida (Mateus, 2010).

Según Chauvet (2018), menciona que la aeroponía puede modificar el ambiente en el que crecen las raíces y estudiar el resultado de estas modificaciones en diferentes procesos, facilita el estudio de su morfología, el desarrollo de patógenos, el resultado de concentraciones de gases y temperaturas, el resultado de nutrientes, etc.

La técnica del sistema aeroponía ha sido utilizado inicialmente para la producción de hortalizas y la investigación que se llevó a cabo en el invernadero aeropónico de Kishuará –

Perú en el que se evaluó el procedimiento de: crecimiento de las plantas, características de desarrollo morfológico, así como rendimiento de 10 variedades de papas nativas en la producción de semilla pre-básica bajo el sistema aeropónico (Medina, *et al.* 2017).

Cayambe (2010), realizó un estudio basado en la “Evaluación de soluciones nutritivas para la producción de semilla prebásica de papa bajo el sistema aeropónico” con el objetivo de evaluar tres soluciones nutritivas en la producción del tubérculo. En el que dio como resultado un promedio de 99,67 tubérculos/planta y un promedio de 2.197,42 tubérculos/m².

Otro estudio fue por Chica y Garzón (2018), en la construcción de las curvas de absorción-extracción bajo un sistema aeropónico para crisantemo blanco para saber los ciclos de máxima y mínima acumulación de nutrientes de las biomásas aérea, radical y total.

Existen varios cultivos a los que se puede aplicar esta técnica novedosa de producción, por ello esta investigación busca analizar la pertenencia de este sistema para maximizar rendimientos y mantener el cuidado ambiental, sin descuidar el aspecto económico.

3.3.1. Labores culturales del sistema aeropónico

Martínez (2013), menciona que la técnica de aeroponía tiene las siguientes labores culturales.

Siembra

Para la siembra se debe realizar con un soporte a nivel de las raíces, con vaso agujerado con algún tipo de sustrato, cascarilla de arroz, aserrín, entre otros o directamente en el hoyo que contiene el sistema.

Fertilización

Para que las plantas desarrollen su ciclo vital requieren de ciertas cantidades de soluciones nutritivas que son denominadas como macronutrientes y micronutrientes, estos nutrientes son aceptados por la planta en forma de iones que suelen ser positivos (cationes) o negativos (aniones), y con ellos se alcanza a elaborar una solución nutritiva apropiada para el cultivo.

Implementación del riego

La bomba que se encuentra en el tanque es la encargada de distribuir el agua con la solución nutritiva a través del sistema de riego. En el sistema aeropónico las raíces están suspendidas en el aire, donde el agua con la solución nutritiva les llega a manera de nebulización por medio de aspersión.

Control fitosanitario

El control de plagas durante el ciclo de la planta, es por medio de monitores y revisión diaria para eliminar plantas enfermas que pueden afectar a otras, se usan trampas, aceites, mallas contra insectos. Si se muestra gran cantidad de plagas o se desea prevenir contra las mismas se aplica pesticidas, en muy poca cantidad.

Cosecha

Corte y alza: se realiza manualmente. Se recoge la cosecha ya lista para comercializar aproximadamente 30 días después.

3.3.2. Ventajas del sistema de aeroponía

El sistema aeroponía presenta ventajas muy importantes para el desarrollo óptimo de las plantas desde su trasplante, donde se reduce la presencia de enfermedades fungosas, esto permite que las plantas del cultivo se mantengan en constante crecimiento y desarrollo, con raíces más fuertes y de rápido crecimiento. Por otro lado, los cultivos en el aire tienen una buena oxigenación que se alcanza a proporcionar a la zona radicular (Barzola, 2019). También permiten optimizar los beneficios a diferencia de los cultivos tradicionales sobre suelo, que puedan perjudicar a la producción por el suelo deficiente, una textura inadecuada, falta de nutrientes o presencia de plagas (Vargas, 2013).

Otra de las ventajas de optar por la técnica de aeroponía es el suministro de agua y fertilizantes que generalmente se encuentran en las soluciones nutritivas de sales y minerales, así también si una planta alcanzara a enfermarse, puede ser removida rápidamente sin ningún problema de su estructura de soporte sin desequilibrar al resto de las plantas (Rendón, 2013).

Barzola (2019), establece que la aeroponía es una técnica de producción mejorada comparándolo con el cultivo tradicional (suelo), es una técnica tanto económica y ambientalmente por sus distintas ventajas en estos aspectos. El crecimiento y el desarrollo de las plantas en un sistema aeropónico es seguro y ecológico por otorgar cosechas de forma natural conservando a las plantas saludables.

3.3.3. Desventajas del sistema Aeropónico

Las desventajas del sistema aeropónico, demanda un mejor nivel de inspección y mantenimiento, principalmente en el funcionamiento de los aspersores debido a que pueden estar obstruidos y por ende afectar directamente a las raíces de las plantas por la falta de agua y nutrientes. Por otra parte, los aspersores son sensibles a fallas eléctricas y al dejar de funcionar la aspersión por nebulización en periodos cortos, provoca daños irreversibles y también la muerte del cultivo (Otazú, 2010). El optar por este sistema está en el costo de implementación que muestra, ya que es una técnica de elaboración totalmente mecánica donde requiere de un conocimiento especializado del manejo de las soluciones nutritivas, ya que de acuerdo con esto puede afectar completamente a la producción. A medida que la planta se vaya desarrollando requerirá un mecanismo de apoyo para su propio sostén, ya que en esta técnica no existe un medio de crecimiento de suelo que permita el anclaje de esta. Además, si existe un descuido en cuanto a la higiene se pueden contaminar las raíces de todas las plantas, y este puede influir para que se desarrollen hongos, algas y bacterias (Rendón, 2013).

De Anda (2016), menciona que otro aspecto negativo en el sistema aeropónico vertical es la polinización es algo que necesita una seria consideración ya que los insectos son cruciales en el proceso de producción de semillas y frutos. Así que, dado que la tecnología genera un ambiente artificial libre de insectos, la polinización tendrá que hacerse a mano, lo cual representa mano de obra intensiva, y el resultado podría impactar en los costos de producción.

3.3.4. Importancia de la aeroponía en la producción

En el sistema aeropónico, el desarrollo radicular de las plantas es mucho mayor que el crecimiento en su parte aérea, esto hace que el proceso de producción de las plantas en este sistema sea mayor a los demás sistemas sin suelo y/o tradicionales (Estrada, 2019).

Cartagena y Terán (2016), establecen que los cultivos de desarrollo vertical aparecen con la idea, en primer lugar, de reducir espacios de cultivo, aprovechar los recursos y lo más importante brindar un producto de calidad es por esto, por lo que la microempresa se orientará en la entrega de un producto de calidad y con mínimo grado de contaminación.

Para Rendón (2013), esta novedosa técnica de cultivo para numerosas especies de plantas resulta ser muy importante desde el punto de vista estratégico y económico, ya que permite minimizar considerablemente la cantidad de agua y fertilizantes necesaria para la producción de estas. Estos factores resultan ser de suma importancia. Además, debido a que la aeroponía permite contribuir de forma precisa la cantidad de elementos nutritivos que necesita la planta de frutilla en cada fase de su desarrollo, se alcanza a obtener una producción más sostenible desde el punto de vista medioambiental y económico.

Sin embargo, si esta tecnología se intenta acercar a las zonas urbanas se conoce que los terrenos urbanos son mucho más costosos que los terrenos agrícolas (De Anda, 2016). Asimismo, se deberá tomar en cuenta la relación costo–beneficio ya que el sistema demanda de tecnología, el control de la temperatura ambiente, sistemas de control de flujo y recirculación del agua entre otros implementos tecnológicos que no son económicos y en donde se requieren capacidades tecnológicas para implementarlo exitosamente (Cayambe, 2010).

De igual manera, el uso de esta tecnología ha buscado cooperar en el cuidado del entorno al usar equipos amigables con el medio ambiente y multiplicar la producción de cultivos. Especialistas comparan este método con los tradicionales y mencionan que usando un sistema aeropónico puede ser hasta 10 veces más rentable por representar bajos costos y una elevada productividad.

3.4. Inconvenientes en el Ecuador y en otros países relacionados con la sostenibilidad.

Existe diversos inconvenientes que se presentan en el cultivo de frutilla en torno a los diversos aspectos de sostenibilidad, mismo que se detallan a continuación:

3.4.1. Integridad Ambiental

En la actualidad el principal medio para la producción del cultivo de frutilla sigue siendo el uso del suelo, el cual provee sostén, nutrientes, aire y agua para el crecimiento y desarrollo

de las plantas. Sin embargo, el suelo además presenta limitantes como hospedaje de muchos microorganismos que causan enfermedades en la zona radicular de las plantas. Limitantes agroquímicas que afectan la solubilidad de los nutrientes, toxicidad en el suelo por estos mismos y no requeridos por las plantas como el aluminio, metales pesados entre otros (Estrada, 2019).

La agricultura a campo abierto demanda de grandes extensiones de suelo, de altos suministros agua, nutrientes y alto uso de pesticidas para el control de plagas. Muchas veces no están manejando las condiciones ambientales y de suelo apropiadas para este cultivo, lo que conlleva con el tiempo el deterioro y erosión del suelo, por lo que, la agricultura protegida es una alternativa para el cultivo de frutillas (Zaragoza, 2013).

Según datos del INEC, en el Ecuador el 47% del total de la superficie agrícola utiliza algún tipo de plaguicida. En cultivos permanentes (caña, palma, banana, cacao) 1 de cada 10 hectáreas utiliza plaguicidas de carácter extremadamente tóxico (etiqueta roja, categoría I). Mientras que en cultivos transitorios (arroz, maíz duro seco, maíz suave choclo, papa) hay una gran variación al dominar el uso de etiqueta verde (categoría IV) (Anrango, 2017).

El mismo autor menciona que el 96% de los plaguicidas utilizados son adquiridos en un almacén agropecuario y en el mismo lugar se accede a asesoría técnica en el momento de la compra. También indica que apenas 3 de cada 10 hectáreas de la superficie agrícola con uso de plaguicida, son trabajadas por productores con algún tipo de capacitación técnica. Incluso el mismo agricultor es el que se encarga de los procesos aplicación de plaguicidas en los cultivos, sólo un 9,9% lo hace a través de técnicos especializados (Anrango, 2017).

A diferencia con lo señalado, en el Ecuador la erosión y el deterioro del suelo, afectó el 48% de la superficie del país y tiene su inicio en la producción de monocultivos, el uso excesivo de pesticidas y mecanización en áreas inapropiados, este método de agricultura convencional, práctico con mayor énfasis en los últimos 35 años, prioriza la cantidad producida antes que la calidad, y genera afectaciones al suelo, agua y aire (Enríquez y Soria, 2018).

El cultivo de frutilla requiere un proceso desde su establecimiento es necesario de acondicionamiento, desinfección del suelo, para esto se utiliza fumigantes como el bromuro

de metilo más cloropicrina en la dosis recomendada por los fabricantes, se debe tomar en cuenta la utilización de insecticidas u otros compuestos para el control de plagas, enfermedades y la utilización de fertilizantes. En cada fase se utilizan componentes tanto químicos como orgánicos, estos productos deben aplicarse 2 veces al mes. Además, se utiliza el sistema de plantación con cobertura de suelo, es decir, se cubre el terreno con plástico negro para evitar el contacto de la fruta con la superficie (Anrango, 2017).

Según Chalán (2019), los agroquímicos afectan directamente a los recursos naturales como el suelo, cuerpo de agua y contaminación del aire, como consecuencia de todo aquello es el alto costo ambiental y social. Ambiental debido a que hay grandes plantaciones que se encuentran asentadas casi al borde del lago San Pablo, Otavalo, Imbabura.

Cartagena y Terán (2016), mencionan que en los últimos años el cultivo de frutilla afectado al ambiente, debido a la demanda de plásticos sobre el suelo, el alto uso de agroquímicos lo que provoca la contaminación ambiental, obteniendo de esta manera un producto con ciertas deficiencias de calidad. Los cultivos tradicionales de frutilla son grandes consumidores de espacio, están expuestos a plagas y requieren grandes cantidades de agua de riego, así como de fertilizantes, también son causantes de la salud de los productores debido al esfuerzo que proporcionan al realizar las labores culturales, siendo este el sector con el porcentaje más alto en cuanto a la salud física. Los cultivos tradicionales de frutilla por su naturaleza son portadores de gran cantidad de amebas debido al contacto directo con la tierra y aguas sin tratamiento.

3.4.2. Resiliencia Económica

Las principales actividades económicas desarrolladas por las comunidades ubicadas alrededor del lago San Pablo son la agricultura y ganadería. En la última década se han implementado distintos cultivos destinados a la producción de frutilla, tomate de árbol, uvilla, mora entre otros que al ser cultivos de ciclo corto generan mayores utilidades económicas (Arellano, 2020).

El agua es el recurso vital para los seres vivos, se considera uno de los recursos más importantes para el desarrollo del hombre y los pueblos, ya que se ha transformado en un elemento de relevancia de las economías de muchos países, la mitad de la mano de obra mundial esta empleada en sectores que dependen ella, por lo que su gestión adecuada puede

mejorar el nivel de vida de las personas, propagar las economías locales, y motivar la creación de puestos de trabajo más dignos (Guaña, 2019).

Al Ecuador con lo que respecta al recurso agua la situación no difiere mucho de lo que pasa a nivel mundial, aún no se le ha dado esa importancia y cuidado necesaria que requiere, la deforestación y el avance de la frontera agrícola, forestal y pecuario con fines económicos ha inducido a la disminución de caudales y en el peor de los casos la desaparición de fuentes u ojos donde nace este líquido vital, está problemática es latente en época seca, ya que al no contar con sistemas adecuados de almacenamiento de agua para su uso y beneficio se visibiliza que algunas partes del país sufren de sequías y falta de agua ya sea para riego o consumo humano (Guaña, 2019).

3.4.3. Bienestar Social

Los productores de frutilla en Otavalo poseen pequeñas extensiones de terreno que destinan para el cultivo de frutilla, debido a esto el producto que se comercializa en el mercado está en función del volumen de producción, por lo cual hacer coincidir la disponibilidad de productos con la demanda de los consumidores tiende a que los intermediarios sean los que aprovechan y quienes fijan los precios, impidiendo a la producción de frutilla desarrollarse como un rubro que genere ingresos en la economía familiar (Arellano, 2020).

3.4.4. Buena Gobernanza

Parra (2018), afirma que en el Ecuador pese a que hay estudios particulares relativos a la producción y comercialización de frutilla siguen siendo insuficientes y no actuales, además de la falta de incentivo e interés del sector público hacia la agricultura y en especial a cultivos no tradicionales como el de frutilla, los productores que se dedican a esta actividad para conservarse vigentes lo manejan de forma empírica. A comparación de países como Colombia, Costa Rica, Argentina, Chile entre otros, que cuentan con estudios anuales de fuentes oficiales con información de mercados, buenas prácticas agrícolas y guías para el manejo del cultivo, dichas aportaciones ayudan al productor a llevar un manejo técnico apropiado para el desarrollo y mantenimiento del cultivo de frutilla (Arellano, 2020).

3.5. Desarrollo Sostenible

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), menciona que por desarrollo sostenible se entiende,

El manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo sostenible conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales, no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable (FAO, 2013).

3.5.1. Dimensiones del instrumento de SAFA

Según Haydee (2011), menciona que debido a la complicación y gran cantidad de problemas que enfrentan los agricultores en el Ecuador, en los aspectos ambiental, social, económico y de buena gobernanza, es necesario identificar las características del entorno que afectan a la producción de frutilla.

La dimensión de Integridad Ambiental

Se define al mundo físico donde se desarrolla los labores culturales agrícolas o ganaderas en nuestro caso. Las propiedades de esta dimensión consideran aquellos aspectos que tienen que ver con preservar y potenciar la diversidad y complejidad de los ecosistemas, su productividad, los ciclos naturales y la biodiversidad.

La dimensión de Bienestar Social

Se define con el papel que las poblaciones humanas, y las fuerzas culturales sociales y otras fuentes de acción colectiva, en el desempeño del comportamiento de las personas como individuos y como miembros de las familias, grupos y comunidades. Desde la dimensión de bienestar social surgen tres conceptos que están básicamente relacionados con los sistemas agrícolas y ganaderos, estos son: la autosuficiencia, la autonomía y el desarrollo endógeno y local.

La dimensión de Resiliencia Económica

Se define por la evaluación de la viabilidad de las actividades productivas. En nuestro caso, los agricultores deben evaluar los costes generados en el sistema productivo del cultivo y analizar las combinaciones de factores, las cantidades de producto que se puede esperar con cada combinación.

La dimensión Buena Gobernanza

Esta dimensión adquiere particular interés en el proceso de democratización y participación ciudadana. En efecto, el principio que la sustenta es que la democracia viabiliza la reorientación del camino del desarrollo y, por lo tanto, la reasignación de recursos hacia diferentes actividades y grupos sociales.

3.5.2. Herramienta SAFA como referencia para el sector agropecuario

Las Directrices de la FAO sobre la evaluación de la Sostenibilidad para la Agricultura y la Alimentación (SAFA) constituyen una referencia internacional para la ordenación sostenible, el seguimiento, la presentación de informes sobre la alimentación y la agricultura en todas las etapas. En este sentido se puede considerar SAFA como un marco paraguas de múltiples instrumentos de medición de sostenibilidad para el sector de las empresas agrícolas y forestales de alimentos (Trace, 2019).

Evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación.

Saca (2019), señala que el enfoque de la sostenibilidad es un proceso participativo abierto que ha llevado a la formulación de las Directrices de la FAO sobre la evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación (SAFA). El desarrollo sostenible se ha definido como: “El manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo sostenible (en los sectores agrícola, forestal y pesquero) conserva la tierra, el agua, y los recursos genéticos vegetales y animales, no degrada el medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable”.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales y Softwares

Materiales

- Computadora
- Hojas de papel BOM
- Memoria USB
- Material Bibliográfico
- Esferos gráficos

Softwares utilizados

- SAFA (Evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación)
- Excel
- GeoGebra

4.2. Métodos

De forma esquemática a manera de resumen, la metodología que se siguió se describe en la Figura 2.

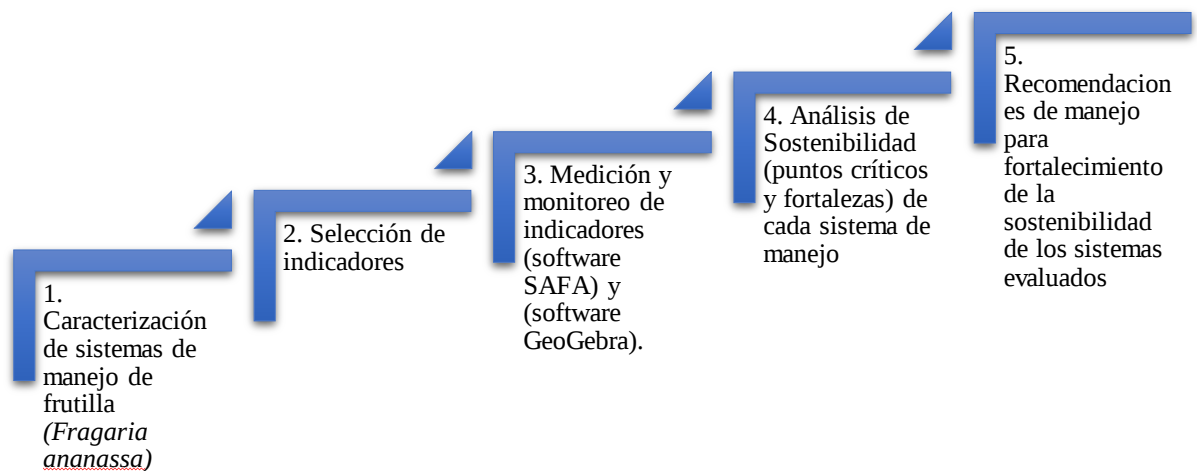


Figura 2. Metodología para el análisis de sostenibilidad en sistema aeropónico y tradicional.

1. Caracterización de los sistemas de manejo: Se detalló los sistemas de manejo a evaluar, sus labores culturales, su tipo de riego, fertilización, nivel de organización.
2. Selección de indicadores: Se evaluó la sostenibilidad de los sistemas productivos para el cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*).
3. Medición y monitoreo de los indicadores: Con la ayuda del instrumento SAFA, se analizó y se obtuvo información de puntos críticos y fortalezas de cada sistema.
4. Análisis de la sostenibilidad: Se procedió a comparar la sostenibilidad de los sistemas de producción analizados indicando sus principales obstáculos y aspectos que fortalecen la sostenibilidad.
5. Recomendaciones de manejo: En base a los resultados del nivel sostenibilidad se realizaron recomendaciones de manejo para fortalecer la sostenibilidad de los sistemas evaluados.

Para el cumplimiento de los tres objetivos trazados se mencionan a continuación las siguientes fases metodológicas:

4.2.1. Fase 1.- Métodos para el desarrollo de la investigación

Este estudio se realizó bajo el método comparativo de dos casos de estudio en la producción de frutilla (*Fragaria ananassa*). El primer caso corresponde al sistema tradicional, el segundo caso se refiere al sistema aeropónico, donde se identificó en los dos sistemas su rentabilidad, producción. Se revisó las principales características en cuanto al manejo del agua y del suelo; y se analizó las implicaciones en la sostenibilidad ambiental y gobernanza de ambos sistemas (IICA, 2017).

Se aplicó el método descriptivo, necesario para la interpretación y el análisis objetivo de la información recopilada a través del software SAFA. Este proceso sirvió para la comparación de las hipótesis de trabajo y para la redacción final del informe de investigación.

El método de análisis de la investigación contó con un sustento teórico suficiente para comprender la realidad del objetivo de la investigación.

4.2.2. Fase 2.- Recolección de datos

Para analizar la sostenibilidad del sistema de producción tradicional, se basó en encuestas a productores de frutilla, complementando con información bibliográfica que sustentó el manejo del cultivo en este sistema (Angulo,2009).

Entrevistas personales: Se realizaron 12 encuestas personales a productores de frutilla de la parroquia de González Suárez (Otavalo - Imbabura). Se utilizó un cuestionario semi estructurado (Anexo I), cuya duración fue de 40 a 60 minutos, compuesto por tres partes: la primera, en la que se detalla el manejo agronómico del cultivo; la segunda, el uso de materiales y energía; la tercera el costo de producción de la frutilla. Se identificó el manejo agronómico del cultivo, es decir, el manejo del sistema tradicional; los costos, inversión y ganancia. En cada interacción hubo preguntas abiertas y cerradas.

Para el análisis de sostenibilidad del sistema de producción aeropónico, se consideró la información proporcionada por las personas que llevan a cabo el proyecto de investigación en la PUCE Sede Ibarra “Medidas Alternativas y Sostenibles de mitigación del cambio climático en el cultivo de frutilla” (PhD. Jhenny Cayambe y Mgs. Diego Puerres).

De la misma manera se aplicó la encuesta de la metodología SAFA (Anexo II), cuya duración fue 60 a 90 min aproximadamente (Heredia, *et al.* 2020). Para complementar la información obtenida por los docentes que investigan el sistema aeropónico en frutilla, se sustentó el manejo del cultivo en este sistema, con información bibliográfica (Martínez, 2013).

4.2.3. Fase 3.- Evaluación de Sostenibilidad

Para este análisis se utilizó dos softwares: SAFA (Evaluación de la sostenibilidad para la Alimentación y la Agricultura, por sus siglas en inglés) y GeoGebra.

Software SAFA

Se utilizó el software SAFA versión 2.4.1 que ha sido generado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Este software, sirve para evaluar el grado de sostenibilidad de los sectores de la alimentación y la agricultura, incluyendo la producción agrícola y pecuaria, silvicultura y pesca (Heredia, *et al.* 2020).

Las dimensiones económica, social, medioambiental y de gobernanza son las cuatro aristas que se consideró en este análisis. Cada dimensión se traduce en temas o atributos que sustentaron cada criterio (Tabla 2). El cuestionario constó de preguntas de selección múltiple, de criterios cualitativos donde el procedimiento SAFA dio lugar a un “polígono de la sostenibilidad” que expuso el desempeño de cada uno de los 21 temas asociados a las dimensiones ambientales, sociales, económicas y de gobernanza de la sostenibilidad: inaceptable (rojo, limitado (naranja), moderado (amarillo), bueno (verde claro) o el mejor (verde oscuro) (Trace, 2019).

El modo de estructuración del cuestionario constó un total de 116 preguntas, organizadas en 19 preguntas referentes a gobernanza, 52 a la dimensión ambiental, 26 a la económica y 19 a la social. A su vez, estas preguntas estaban agrupadas en 58 subtemas, dentro de 21 temas (Heredia, *et al.* 2020).

Tabla 2.

Dimensiones, temas y subtemas desarrollados por la herramienta SAFA (Evaluación de la sostenibilidad para la alimentación y la agricultura).

Dimensiones	Temas	Subtemas
Buena Gobernanza	1. Ética corporativa	1. Misión explícita. 2. Debida diligencia.
	2. Responsabilidad	3. Auditorías Holísticas. 4. Responsabilidad 5. Transparencia.
	3. Participación	6. Identificación de los Grupos de Interés. 7. Participación. 8. Resolución de conflictos.
	4. Estados de Derecho	9. Legitimidad. 10. Remedio, Restauración y Prevención. 11. Responsabilidad Cívica. 12. Consentimiento libre, previo e informado.
	5. Gestión Holística	13. Plan de gestión de la sostenibilidad. 14. Contabilidad de Costos Totales.
	6. Atmósfera	15. Prácticas de mitigación de GEI.
	7. Agua	16. Prácticas de prevención de la contaminación del aire.
		17. Prácticas de conservación de agua.
	8. Tierra	18. Prácticas de prevención de la contaminación del agua.
		19. Prácticas de mejora del suelo.
Integridad Ambiental		20. Conservación de tierras y prácticas de rehabilitación.

Continuación tabla 2. *Dimensiones, temas y subtemas desarrollados por la herramienta SAFA (Evaluación de la sostenibilidad para la alimentación y la agricultura).*

Resiliencia Económica	10. Materiales y Energía	22. Diversidad de especies.
		23. Diversidad genética.
	11. Bienestar de los Animales	24. Material usado.
		25. Energía usada.
		26. Pérdida de alimentos y reducción de desperdicios.
		27. Prácticas de salud animal
	12. Inversión	28. Salud animal
		29. Inversión interna.
		30. Inversión comunitaria.
		13. Vulnerabilidad
32. Rentabilidad		
33. Estabilidad de producción.		
34. Estabilidad de suministro.		
35. Estabilidad del mercado.		
36. Liquidez.		
37. Gestión de Riesgos.		
38. Seguridad Alimenticia.		
39. Calidad de la comida.		
40. Información del producto.		
Bienestar Social	14. Calidad del Producto e Información	
	15. Economía local	41. Creación del valor.
		42. Adquisiciones locales.
	16. Medio de Vida Digno	43. Calidad de vida.
		44. Desarrollo de la capacidad.
		45. Acceso equitativo a los medios de producción.
		46. Compradores responsables.
		47. Derechos de los proveedores.
		18. Derechos Laborales
49. Trabajo forzado.		
50. Trabajo infantil.		
19. Equidad		51. Libertad de Asociación y Derecho de Negociación.
		52. No discriminación.
	20. Seguridad y Salud Humana	53. Igualdad de género.
		54. Apoyo a personas vulnerables.
		55. Disposiciones de seguridad y salud en el trabajo.
		56. Salud Pública.
	21. Diversidad Cultural	57. Conocimiento indígena.
		58. Soberanía Alimentaria.

Nota: Por Weiler, *et al.* (2019)

El modo de evaluación se realizó mediante diferentes calificaciones dependiendo de cada ítem analizado. Según el nivel de cumplimiento en el polígono, de la sostenibilidad, se clasifican por colores los indicadores evaluados: inaceptable (rojo), limitado (naranja), moderado (amarillo), bueno (verde claro) y mejor (verde oscuro), donde se obtuvo una puntuación de rendimiento en una escala del 0 al 10 (Tabla 3).

Tabla 3.

Nivel de sostenibilidad en función de unidades cuadradas y porcentajes (categorización por colores).

Rendimiento	Puntuaciones en u ²	Puntuaciones de porcentajes
Mejor (Verde oscuro)	>8-10	>80-100
Bueno (Verde claro)	>6-8	>60-80
Moderado (Amarillo)	>4-6	>40-60
Limitado (Naranja)	>2-4	>20-40
Inaceptable (Rojo)	0-2	0-20

Nota: u² unidades cuadradas.

Software GeoGebra

Se utilizó el software GeoGebra para asignar valores en unidades y porcentajes a cada polígono de sostenibilidad de los sistemas (aeropónico y tradicional) evaluados.

En la Figura 3 se puede apreciar que el software GeoGebra, ofrece dos perspectivas diferentes: i) vista gráfica (como en el caso de puntos, gráficos, figuras geométricas, ii) vista algebraica (como coordenadas de puntos, ecuaciones, resultados de fórmulas).

Vista gráfica: Se copió en la hoja de cálculo el polígono de sostenibilidad que se obtuvo del software SAFA. Utilizando las herramientas de construcción disponibles en el software, se procedió a graficar la figura geométrica (polígono) de sostenibilidad en GeoGebra, ubicando vértices a cada punto del polígono, a fin de poder calcular áreas del mismo.

Vista algebraica: Una vez con el polígono en GeoGebra, se procedió a realizar cálculos de áreas de cada polígono de sostenibilidad evaluado.

SISTEMA TRADICIONAL CALCULANDO ÁREAS

Autor: Nilo González

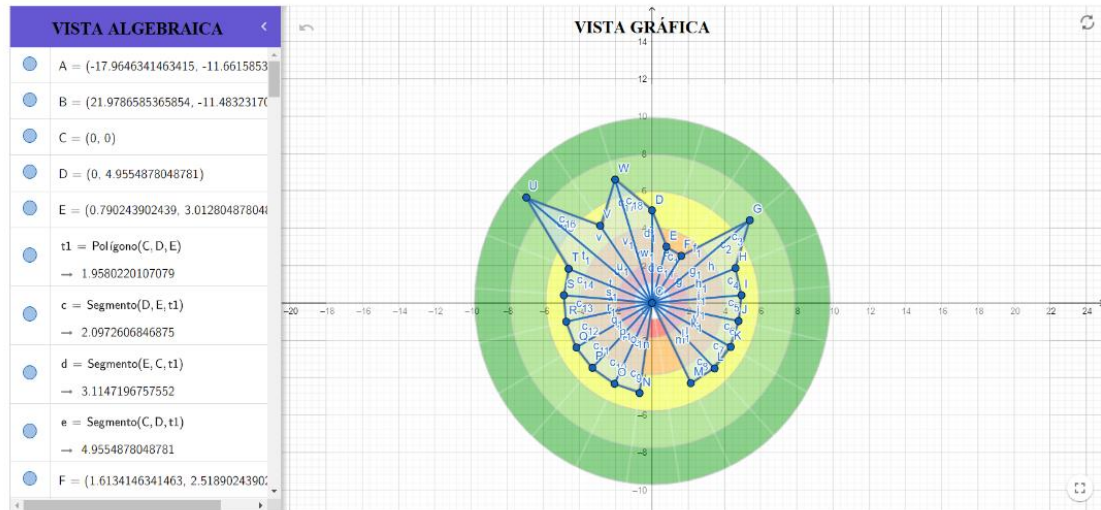


Figura 3. Vista algebraica y gráfica del programa GeoGebra para los grados de sostenibilidad en el sistema tradicional.

Fórmula para el área total de sostenibilidad, dimensiones y tema, en cada sistema de producción.

Para determinar el área de las dimensiones evaluadas en unidades cuadradas (u^2), se aplicó la fórmula del área de Gaussian, cuyo propósito es calcular el área de un polígono, donde sus vértices se configuran como un conjunto de coordenadas en un plano (Cayambe, *et al.* 2021).

$$A = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_n y_{n-1} \right]$$

$$= \frac{1}{2} |x_1 y_2 + x_2 y_3 + \dots + x_{n-1} y_n + x_n y_1 - x_2 y_1 - x_3 y_2 - \dots - x_n y_{n-1} - x_1 y_n|$$

Dónde:

A= es el área del polígono;

n= es el número de lados del polígono;

$(x_n y_n) i = 1, 2 \dots n$ son los vértices del polígono.

Cálculo para la determinación general de sostenibilidad para cada sistema de producción a evaluar en el software GeoGebra.

Para el cálculo del área total de la circunferencia de sostenibilidad medido en unidades cuadradas, se consideró como el 100% de sostenibilidad (Tabla 4). Posteriormente, el área del polígono tanto en el sistema aeropónico, como en el sistema tradicional se calculó con la información que se generó en el software SAFA. Para calcular el área, se consideró el total del polígono (Anexo 7 y 11) de cada sistema de producción a evaluar (Cayambe, *et al.* 2021).

Finalmente, para obtener el porcentaje de cada resultado, se realizó el siguiente cálculo dividiendo el área total del polígono de cada sistema de producción, para el área total de la circunferencia y este valor se multiplicó por cien, como se muestra en la siguiente fórmula para cálculos de áreas en porcentaje (Heredia, *et al.* 2020).

Fórmula para cálculos de áreas en porcentaje:

$$PATS (\%) = \frac{ATSp(u^2)}{ATSc(u^2)} \times 100$$

Donde:

PATS= Proporción del área total de sostenibilidad.

ATSp= es el área total sostenible del polígono

ATSc= es el área total sostenible de la circunferencia;

*u*²= Unidad cuadrada.

Tabla 4.

Área total en unidades cuadradas (u^2) y en porcentaje (%), de la circunferencia de sostenibilidad.

Unidades de Medida	Área total de la circunferencia de Sostenibilidad
u^2	300
%	100

Nota: (u^2) unidad cuadrada.

Cálculo para la determinación de áreas de las dimensiones de sostenibilidad para cada sistema de producción en el software GeoGebra.

Para el cálculo del área total de cada dimensión de sostenibilidad medido en unidades cuadradas, se consideró como el 100% de sostenibilidad (Tabla 5). Posteriormente, el área de cada dimensión tanto en el sistema aeropónico, como en el sistema tradicional se calculó con la información que se generó en el software SAFA. Para calcular el área de cada dimensión (Figura 4), se consideró el total de cada dimensión como se aprecia en los (Anexo 8 y 12) de cada sistema de producción a evaluar (Cayambe, *et al.* 2021).

Finalmente, para obtener el porcentaje de cada resultado, se realizó el siguiente cálculo dividiendo el área total de cada dimensión de los sistemas de producción para el área total de cada dimensión de la circunferencia y este valor se multiplicó por cien, como se muestra en la siguiente fórmula para cálculos de áreas en porcentaje (Heredia, *et al.* 2020).

Fórmula para cálculos de áreas en porcentaje:

$$PATDS (\%) = \frac{ATScdp(u^2)}{ATScdc(u^2)} \times 100$$

Donde:

$PATDS$ = Proporción del área total de dimensión de sostenibilidad.

$ATScdp$ = es el área total sostenible de cada dimensión del polígono

$ATScdc$ = es el área total sostenible de cada dimensión de la circunferencia;

u^2 = Unidad cuadrada.

Tabla 5.

Área total en unidades cuadradas (u^2) y en porcentaje (%), de las dimensiones de la circunferencia sostenible.

Unidades de Medida	Área total de la dimensión Buena gobernanza (BG)	Área total de la dimensión Integridad ambiental (IA)	Área total de la dimensión Resiliencia económica (RE)	Área total de la dimensión Bienestar social (BS)
u^2	75	75	60	90
%	100	100	100	100

Nota: (u^2) unidad cuadrada.

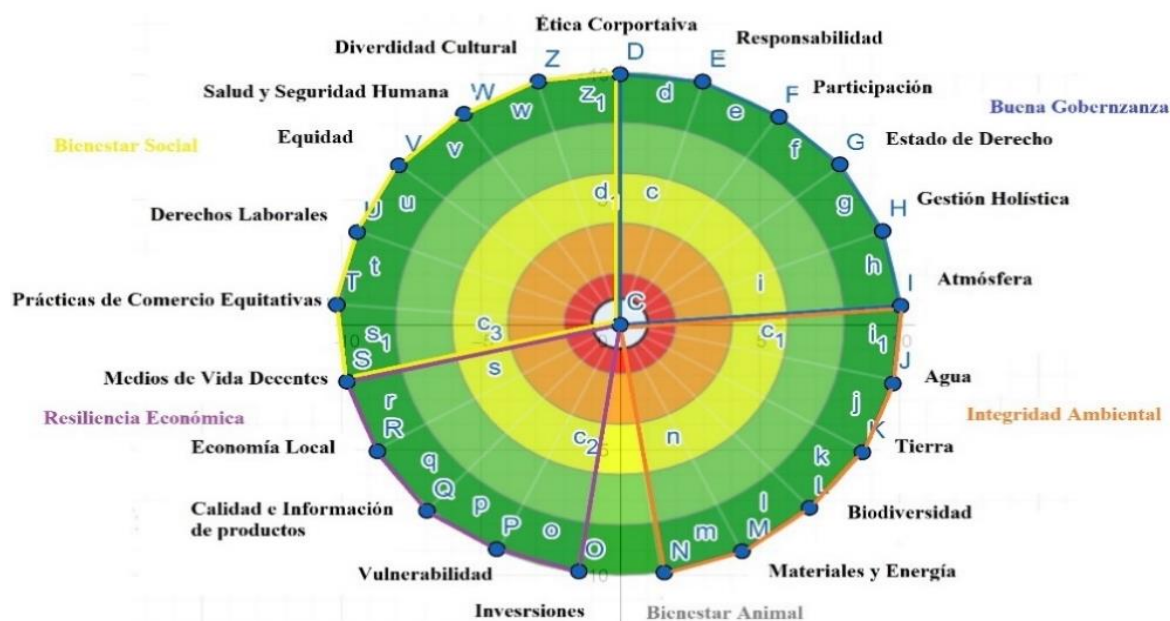


Figura 4. Áreas de las dimensiones de la circunferencia sostenible.

Cálculo para la determinación de las áreas de los temas para cada sistema de producción en el software GeoGebra.

Para el cálculo del área total de cada tema (que conforma cada dimensión) de sostenibilidad medido en unidades cuadradas, se consideró como el 100% de sostenibilidad; donde 10 es considerado como el nivel óptimo equivalente al 100% (Tabla 6) (Cayambe, *et al.* 2021).

Posteriormente, el área de cada tema tanto en el sistema aeropónico, como en el sistema tradicional se calculó con la información que se generó en el software SAFA. Para calcular el área de cada tema, se utilizó la tabla de niveles de sostenibilidad (Tabla 3); considerándose valores entre 0 y 10, 0 equivale al inaceptable y 10 correspondiente al mejor nivel (Heredia, *et al.* 2020).

Para el cálculo del área de los temas de cada dimensión, se procedió a medir la distancia total de cada uno con el software GeoGebra como se aprecia en los Anexo 9 y 13, de cada sistema de producción a evaluar (Heredia, *et al.* 2020).

Finalmente, para obtener el porcentaje de cada resultado, se realizó el siguiente cálculo dividiendo el área total de cada tema de los sistemas de producción para el área total de cada tema de la circunferencia de la circunferencia y este valor se multiplicó por cien, como se muestra en la siguiente fórmula para cálculos de áreas en porcentaje (Heredia, *et al.* 2020).

Fórmula para cálculos de áreas en porcentaje:

$$PATTS (\%) = \frac{ATSctp(u^2)}{ATSctc(u^2)} \times 100$$

Donde:

PATTS= Proporción del área total de tema de sostenibilidad.

ATSctp= es el área total sostenible de cada tema del polígono

ATSctc= es el área total sostenible de cada tema de la circunferencia;

*u*²= Unidad cuadrada.

Tabla 6.

Área total en unidades cuadradas (u^2) y en porcentaje (%), de los temas de la que conforman cada dimensión de la sostenibilidad.

Dimensiones	Temas	Sistema Óptimo
Buena Gobernanza	1. Ética corporativa	10
		100%
	2. Responsabilidad	10
		100%
	3. Participación	10
Integridad Ambiental		100%
	4. Estados de Derecho	10
		100%
	5. Gestión Holística	10
		100%
Resiliencia Económica	6. Atmósfera	10
		100%
	7. Agua	10
		100%
	8. Tierra	10
		100%
	9. Biodiversidad	10
		100%
	10. Materiales y Energía	10
		100%
	11. Inversión	10
		100%
	12. Vulnerabilidad	10
		100%
	13. Calidad del Producto e Información	10
		100%
	14. Economía local	10
		100%
	15. Medio de Vida Digno	10
		100%
	16. Prácticas Comerciales Justas	10

Continuación tabla 6. *Área total en unidades cuadradas (u²) y en porcentaje (%), de los temas de la que conforman cada dimensión de la sostenibilidad.*

Bienestar Social	17. Derechos Laborales	10
		100%
	18. Equidad	10
		100%
	19. Seguridad y Salud Humada	10
		100%
	20. Diversidad Cultural	10
		100%

Nota: La escala a evaluar en las áreas por temas (Escala de sostenibilidad: valores entre 0 y 10, 0 equivale al peor, y 10 corresponde al mejor).

Software Excel

Para la determinación del porcentaje, se llevó un registro de los valores obtenidos con la ayuda del software Excel. Este software permitió disponer de los resultados finales en porcentaje de sostenibilidad de cada sistema de producción, y con ello obtener una mejor interpretación sobre la sostenibilidad del sistema aeropónico y tradicional.

4.2.4. Fase 4. - Análisis comparativo de la sostenibilidad en escenarios de cultivo tradicional frente al aeropónico.

Finalmente se realizó un análisis comparativo de ambos sistemas evaluados, enfocando a evidenciar sus fortalezas y debilidades.

En la (Figura 5), se muestra una representación del análisis comparativo de resultados obtenidos. El polígono, muestra en coloración roja, los aspectos débiles del sistema; mientras que los aspectos que se consideran fortalezas se evidencian en la franja de color verde.

A partir de estos datos, se generó una propuesta enfocada a los aspectos que requieren ser atendidos en cada sistema.

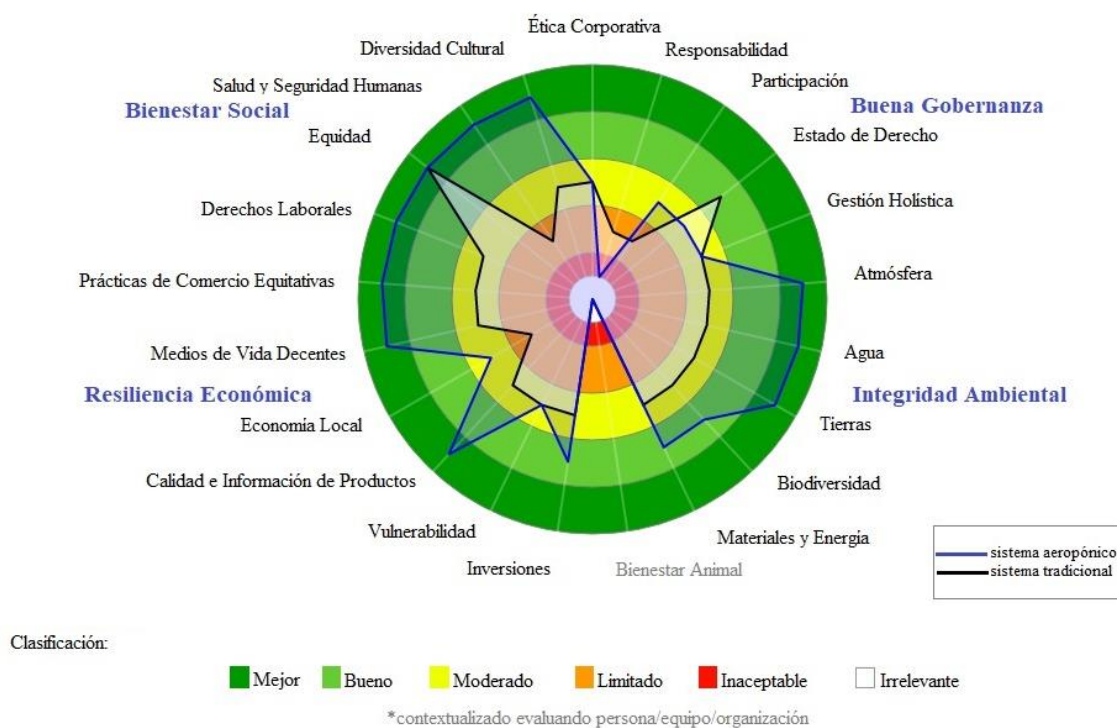


Figura 5. Polígono de sostenibilidad.

La (Figura 5), describe los temas, subtemas, e indicadores de la sostenibilidad, en los dos sistemas de producción.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis comparativo de la sostenibilidad del sistema aeropónico y tradicional.

Con la finalidad de visualizar la sostenibilidad del proyecto se analizaron los resultados obtenidos en los dos sistemas de producción (aeropónico y tradicional) que se aplicaron de la metodología SAFA, obteniendo el siguiente Polígono de Sostenibilidad correspondiente.

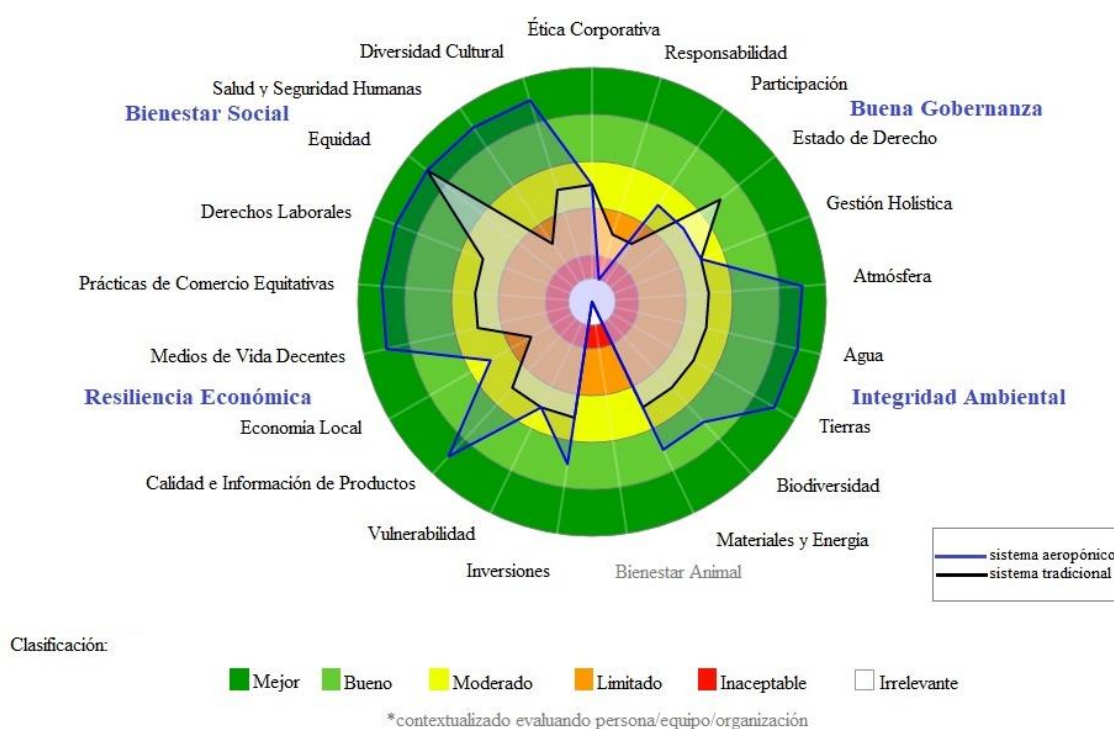


Figura 6. Comparación gráfica resultante de la evaluación de sostenibilidad utilizando el marco de evaluación SAFA-FAO con las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza de los dos sistemas de producción en estudio (aeropónico y tradicional).

El polígono indica el nivel de sostenibilidad por temas, dimensiones y en general; asimismo, si se detecta una temática con niveles de riesgo (ubicación en la franja roja, o naranja), permite determinar posibles acciones para disminuir o bien, eliminar los riesgos detectados.

En la Tabla 7, se muestran los valores correspondientes al área total de sostenibilidad de los polígonos de cada sistema de producción evaluado

Tabla 7.

Área total de sostenibilidad de los polígonos de cada sistema de producción evaluado.

Unidades de medida	Área total de sostenibilidad de la circunferencia	Área total de sostenibilidad del sistema Aeropónico	Área total de sostenibilidad del sistema Tradicional
u ²	300	182,3	91,41
%	100	60,8	30,5

En la Tabla 8 se observan los valores correspondientes al área total de sostenibilidad de las dimensiones del polígono del sistema aeropónico.

Tabla 8.

Área total de sostenibilidad de las dimensiones del polígono del sistema aeropónico.

Unidades de medida	Área total de la dimensión buena gobernanza (BG)	Área total de la dimensión integridad ambiental (IA)	Área total de la dimensión resiliencia económica (RE)	Área total de la dimensión bienestar social (BS)
u ²	15,26	61,62	39,25	66,14
%	20,3	82,2	65,4	73,5

En la Tabla 9 se presentan los valores correspondientes al área total de sostenibilidad de las dimensiones del polígono del sistema tradicional en el cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*).

Tabla 9.

Área total de sostenibilidad de las dimensiones del polígono del sistema tradicional en el cultivo de frutilla (Fragaria ananassa).

Unidades de medida	Área total de la dimensión buena gobernanza (BG)	Área total de la dimensión integridad ambiental (IA)	Área total de la dimensión resiliencia económica (RE)	Área total de la dimensión bienestar social (BS)
u ²	18,1	20,9	13,8	38,6
%	24,1	27,8	23,0	42,9

En la Tabla 10, se presenta una síntesis cualitativa de los resultados de la evaluación por tema y dimensión sostenible. Es claro que el sistema aeropónico mejor en todos los atributos de sostenibilidad observado en la mayor aproximación de sus indicadores al valor óptimo. Aun cuando el sistema alternativo pudiera ser adoptado solo por un pequeño número de productores (por los costos de inversión), este sistema tiene mayor control de factores externos (ambiental, plagas, enfermedades, residualidad de plaguicidas) que los sistemas tradicionales.

Tabla 10.

Área total de sostenibilidad de cada tema, en los sistemas aeropónico y tradicional en el cultivo de frutilla (Fragaria ananassa).

Dimensiones	Temas	Sistema Óptimo	Sistema Aeropónico	Sistema Tradicional
Buena Gobernanza	1. Ética corporativa	10	4,87	4,91
		100%	49%	49%
	2. Responsabilidad	10	0,99	3,01
		100%	10%	30%
	3. Participación	10	4,94	2,94
		100%	49%	29%
	4. Estados de Derecho	10	4,92	6,9

		100%	49%	69%
	5. Gestión Holística	10	4,95	4,86
		100%	50%	49%
	6. Atmósfera	10	8,9	4,93
		100%	89%	49%
	7. Agua	10	8,92	4,93
Integridad		100%	89%	49%
Ambiental	8. Tierra	10	8,92	4,91
		100%	89%	49%
	9. Biodiversidad	10	6,93	4,83
		100%	69%	48%
	10. Materiales y Energía	10	7,01	4,92
		100%	70%	49%
	11. Inversión	10	7,03	5,06
		100%	70%	51%
	12. Vulnerabilidad	10	5,01	4,94
Resiliencia		100%	50%	49%
Económica	13. Calidad del Producto e Información	10	8,91	5,04
		100%	89%	50%
	14. Economía local	10	5	3,03
		100%	50%	30%
	15. Medio de Vida Digno	10	8,93	4,95
		100%	89%	50%
	16. Prácticas Comerciales Justas	10	8,94	4,93
Bienestar		100%	89%	49%
Social	17. Derechos Laborales	10	8,97	4,97
		100%	90%	50%
	18. Equidad	10	8,93	8,88
		100%	89%	89%
	19. Seguridad y Salud Humada	10	8,93	2,97
		100%	89%	30%
	20. Diversidad Cultural	10	8,84	4,97
		100%	88%	50%

Nota: Escala de sostenibilidad: valores entre 0 y 10, 0 equivale al peor, y 10 corresponde al mejor y en porcentaje valores entre 0 a 100, 0 equivale al peor y 100 corresponde al mejor.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la sostenibilidad del cultivo de frutilla, el sistema aeropónico es una alternativa para el desarrollo sostenible, tomando en cuenta al sistema tradicional como uno de los causantes de problemas económicos, ambientales, sociales y de buena gobernanza; el sistema aeropónico equilibra la sostenibilidad en impactos ambientales, sociales y económicos, teniendo como resultado total en las cuatro dimensiones un 60,8% de sostenibilidad, mientras que el sistema tradicional un 30,5% de sostenibilidad.

5.2. Evaluación de las dimensiones de sostenibilidad: económica, ambiental, social y en términos de gobernanza, del sistema aeropónico y tradicional.

En la Tabla 11, se presentan los resultados de sostenibilidad por dimensión en cada sistema evaluado.

Tabla 11.

Área total de sostenibilidad de cada dimensión, en los sistemas aeropónico y tradicional en el cultivo de frutilla (Fragaria ananassa).

Dimensiones	Sistema Aeropónico	Sistema Tradicional
Área total de la dimensión buena gobernanza (BG)	20,3%	24,1%
Área total de la dimensión integridad ambiental (IA)	82,2%	27,8%
Área total de la dimensión resiliencia económica (RE)	65,4%	23%
Área total de la dimensión bienestar social (BS)	73,5%	42,9%

A continuación, se presentan los resultados según cada dimensión en ambos sistemas comparándose los aspectos que han influido en dichos resultados.

5.2.1. Dimensión de Buena Gobernanza

El sistema tradicional en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral moderado según, la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 24,1%. En esta dimensión, los temas Responsabilidad y Participación son los que más resaltan como relevantes.

En lo que respecta a Responsabilidad, se observa estos resultados, según Lechón (2015) los agricultores del cultivo de frutilla de la parroquia de González Suárez se sienten inconforme con el cumplimiento de las normativas ambientales, su intención es exigir la implementación de medidas precautelarias como las normas de medio ambiente que protejan el área, normas para el comercio nacional e internacional y normas con el propósito de mejorar el nivel de vida y desarrollo equilibrado de los habitantes de la comunidad mediante la integración y la cooperación económica y social (Raura, 2017).

En lo que respecta a Participación, se observa estos resultados, debido a la participación directa en la formulación de políticas agrarias, de acuerdo con Lechón y Chicaiza (2019), estos procesos no son democráticos y no hay leyes para una igualdad en la vida económica, política, social y ambiental.

Por otra parte, el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral moderado con un valor total de 20,3%. En esta dimensión, el tema Responsabilidad es el aspecto que más resalta como relevante.

En lo que respecta a Responsabilidad, se observa estos resultados, debido a que el sistema aeropónico es una investigación y no hay leyes establecidas. Sin embargo, el sistema aeropónico está buscando sostenibilidad en las actividades de la población con el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

El sistema aeropónico y el sistema tradicional están muy alejados de la dimensión de Buena Gobernanza; siendo este un aspecto que requiere atención en ambos sistemas, donde se debe

establecer leyes en el sistema aeropónico y reforzar las leyes establecidas en el sistema tradicional.

5.2.2. Dimensión Integridad Ambiental

El sistema tradicional en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral moderado, según la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 27,8%. En esta dimensión, los temas Atmósfera, Agua, Tierra, Biodiversidad, son los que más resaltan como relevantes.

En lo que respecta a Atmósfera, se observa estos resultados, debido a una mayor incidencia de plagas y la mayor dependencia de los monocultivos y los agroquímicos, tales como productos pesticidas y fertilizantes han impactado negativamente al medio ambiente y la sociedad rural. De acuerdo con Anrango (2017), menciona que los agricultores de frutilla realizan la quema a cielo abierto como una práctica habitual de ciertos agricultores por lo que existe contaminación con gases como CO₂ resultante de la quema de los desechos sólidos.

En lo que respecta a Agua, se observa estos resultados, debido al uso de pesticidas y agroquímicos utilizados en los cultivos de frutilla; a esto se le puede agregar el alto consumo de agua que la frutilla conlleva. Según Anrango (2017), el agua que utilizan para regar el terreno proviene del líquido de los ríos, acequias cercanas y también, existe otro tipo de cuerpos de agua llamados “ojos de agua”, que están ubicados en las partes medias y bajas de las microcuencas siendo aprovechadas para el consumo humano y en el riego de cultivos, no se trata, por tanto, solamente de una contaminación del recurso hídrico sino también del fruto, al ser regado con agua contaminada.

En lo que respecta a Tierra, se observa esos resultados, debido a la utilización de ciertos fertilizantes químicos para la producción. Según Anrango (2017) el cultivo de frutilla requiere un proceso de acondicionamiento, desinfección, inserción de la plántula y fertilización. En cada fase se utilizan componentes tanto químicos como por ejemplo en la fase de desinfección del suelo (el bromuro de metilo más cloropicrina) y orgánicos como por

ejemplo en la fase de abonado del suelo se utiliza materia orgánica como (el estiércol). Cabe mencionar que, estos productos deben aplicarse 2 veces al mes.

En lo que respecta a Biodiversidad, se observa esos resultados a la consecuencia de la acción de los agroquímicos, donde se encuentra una pérdida de la misma en los agroecosistemas, donde sólo se favorece la presencia del cultivo y las especies de flora y fauna capaces de resistir el efecto de las aplicaciones.

El sistema aeropónico en el cultivo de frutilla, se encuentran en el umbral mejor, según la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 82,2%. En esta dimensión, los temas Atmósfera, Agua y Tierra, son los que más resaltan como relevantes.

En lo que respecta a Atmósfera y Agua, se observa esos resultados a que no se utiliza pesticidas, herbicidas y fungicidas, así reduciendo los gases de efecto invernadero y la contaminación del agua. Para Cevallos (2020), este sistema es una forma efectiva y eficiente de cultivar plantas, ya que requiere poca agua (aproximadamente un 95 por ciento menos de agua que los métodos agrícolas tradicionales) y necesita un espacio mínimo.

En lo que respecta a Tierra, se observa esos resultados a que es un sistema sin suelo, las plantas son alimentadas a través de una fina neblina de solución de mezcla de agua rica en nutrientes.

5.2.3. Dimensión Resiliencia Económica

El sistema tradicional en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral moderado, según la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 23%. En esta dimensión, los temas Vulnerabilidad, Inversión y Economía local, son los que más resaltan como relevantes.

En lo que respecta a Economía local, se observa estos resultados, debido que presentan costos altos de producción y por ende el mercado estaría direccionado a una comercialización de la misma línea. Según Parra (2008), en ocasiones se presenta una fluctuación de precios en periodos cortos de tiempo, además la cadena de comercialización de frutilla es rudimentaria con reducida organización, y conocimientos empíricos de sus actores, lo cual influye en el reducido crecimiento económico del sistema.

El sistema aeropónico en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral mejor, según la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 65,4%. En esta dimensión, los temas Inversión y Calidad del Producto e Información son los que presenten aspectos de interés.

En lo que respecta a Inversión, se observa estos resultados, debido a que el sistema tiene un costo inicial elevado, debido por el alto costo de instalación y construcción, debido a los materiales utilizados para el invernadero y el sistema hidráulico en su mayoría, pero luego sus rendimientos son mejores superando al sistema tradicional. Según Rojas (2018), la implementación inicial del sistema aeropónico es costosa por ello es importante que los productores o empresas evalúen la inversión y cuenten con capital suficiente para el sostenimiento por lo menos 2 años, cabe resaltar que luego sus rendimientos superan ampliamente los de un cultivo en sistema tradicional debido a que la mano de obra disminuye igual que el uso de agroquímicos de control, la cantidad de nutrientes, recurso hídrico y aumenta la densidad de siembra por m².

En lo que respecta a Calidad del Producto e Información, se observa estos resultados, debido a que el sistema aeropónico puede crear competitividad en el mercado por alimentos libre de tóxicos. De acuerdo con Martínez (2013), el sistema aeropónico, proporciona la creación de microempresas que supla la cantidad que busca el mercado incrementando la producción y satisfaciendo la demanda actual por el creciente incentivo al consumo saludable del mercado y la economía.

5.2.4. Dimensión Bienestar Social

El sistema tradicional en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral moderado, según la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 42,9%. En esta dimensión, los temas Seguridad y Salud Humana y Prácticas Comerciales Justas, son los que más resaltan como relevantes.

En lo que respecta a Seguridad y Salud Humana, se observa estos resultados, en las entrevistas realizadas a los agricultores de la parroquia de González Suárez, quienes mencionan que durante la manipulación de agroquímicos los agricultores no toman las debidas medidas de seguridad al momento de manipular los agroquímicos que utilizan en la producción de frutilla, así como la demanda de estos agroquímicos en el cultivo. Anrango (2017) afirma que “la presencia de residuos de pesticidas en cantidades que superan el límite máximo, en el caso de frutilla son: Carbendazim (III), Tebuconazole y Piraclostrobin entre los valores más altos” (p.9).

En lo que respecta a Prácticas Comerciales Justas, se observa estos resultados, según las entrevistas realizadas a los agricultores de la parroquia de González Suárez mencionan el desconocimiento de los precios. Parra (2018), menciona que es importante destacar que el uso del sistema SINAGAP, puede representar una ayuda para que el productor tenga conocimiento de precios, y esto a su vez le permita mantenerse activo en el mercado. Este sistema SINAGAP puede ser útil también para los demás actores que intervienen en la comercialización de frutilla, de esta forma se logra obtener un comercio justo. Sin embargo, dicho sistema es poco usado por parte de los productores de frutilla y en general.

Chalán (2019), menciona que existe una frágil estructura organizativa para la comercialización de este producto, los productores de frutilla no asociados manejan su producción independiente y canalizan su producto para la venta informal de frutilla a través de los intermediarios que llegan a las comunidades bajas en San Rafael para adquirir este producto, también ofertan sus productos en Ibarra, Otavalo, Quito, Guayaquil y Lago Agrio en su mayor parte al igual que las asociaciones. Es muy común encontrar en los sectores.

El sistema aeropónico en el cultivo de frutilla se encuentra en el umbral bueno, según la escala de nivel de sostenibilidad (Tabla 3), con un valor total de 73,5%. En esta dimensión, los temas Medio de Vida Digno, Prácticas Comerciales Justas, Seguridad y Salud Humana y Derechos Laborales, son los que más resaltan como relevantes.

En lo que respecta a Medio de Vida Digno, se observa estos resultados, debido a que este sistema de producción se presenta como una vía eficaz para garantizar disponibilidad de alimentos a la población y garantizar la seguridad alimentaria de aquellas familias que son de estratos socioeconómicos bajos, donde pueden llegar a tener un huerto integrado donde intervienen varios componentes como: familia, cultivos y alimentación (Quimbay, 2019).

En lo que respecta a Prácticas Comerciales Justas, se observa estos resultados, debido que el sistema aeropónico como alternativa productiva contribuye hacia un amplio alcance de objetivos de desarrollo sostenible, soberanía alimentaria, y sobre todo apunta a la conservación de recursos naturales y el ambiente frente a los fenómenos de cambio climático que en los últimos años se ha puesto muy evidente según relato de los mismos productores locales.

En lo que respecta a Seguridad y Salud Humana, se observa estos resultados, debido a que este sistema de producción bajo invernadero brinda seguridad de alimento, ya que son libres de grandes cantidades de fertilizantes, pesticidas, plagas, enfermedades y libres de aguas contaminadas (Martínez, 2013).

En lo que respecta a Derechos Laborales, se observa estos resultados, de acuerdo con Márquez (2020), la agricultura siempre representa una fuente de empleo, en este caso, las nuevas técnicas de cultivo sugieren operadores más capacitados incentivando de esta forma la educación y el crecimiento profesional; lo que deriva finalmente en un mayor bienestar social.

5.3. Resultados de la socialización

La socialización se realizó a 12 asistentes al evento de socialización, mismos que se conectaron por medios telemáticos. Los resultados se describen a continuación:

1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?

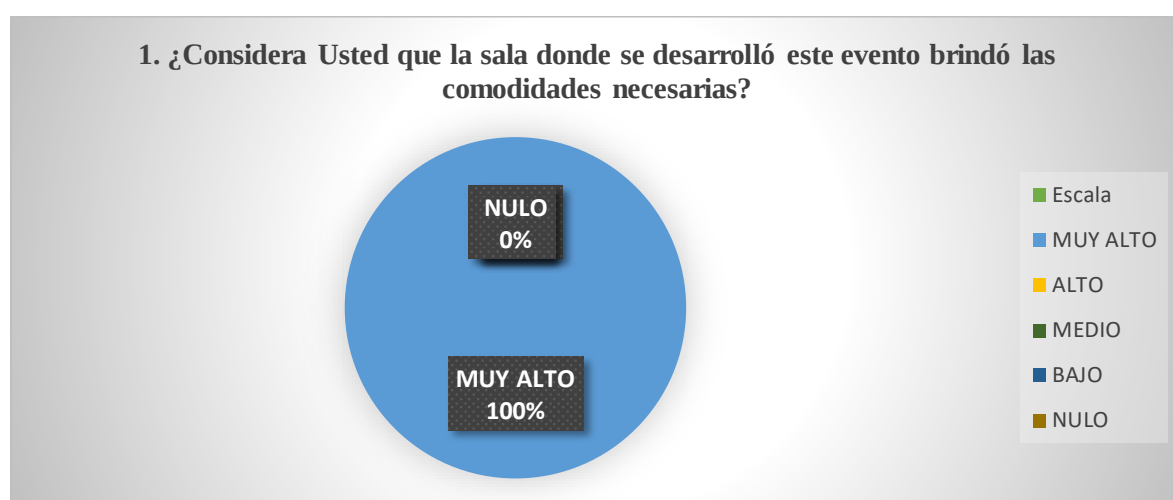


Figura 7. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, el 100% consideran que la sala donde se desarrollo el evento brindo las comiddes necesarias.

2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?

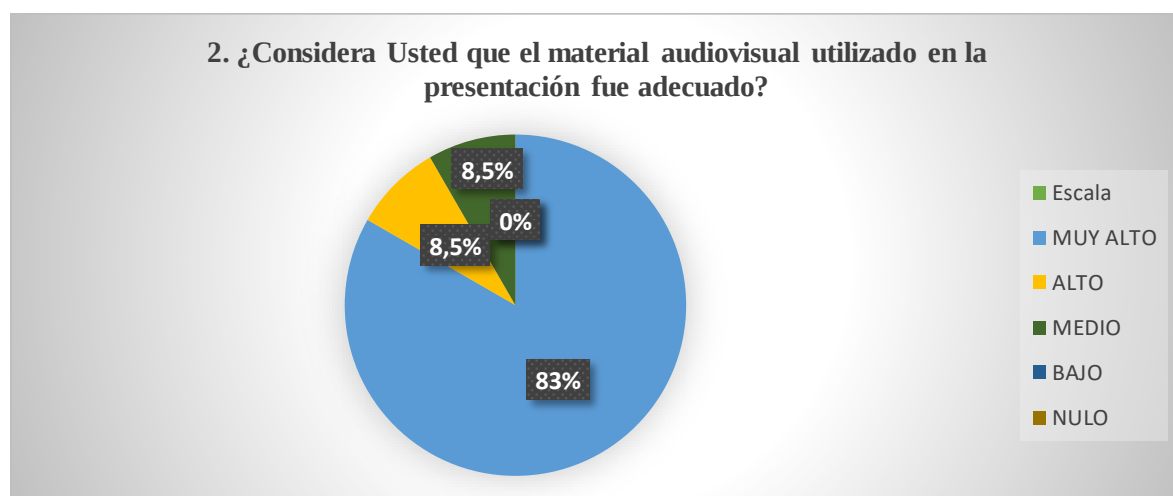


Figura 8. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (8,5%) asume un resultado medio, un (8,5%) asumen un resultado alto y un (83%) equivale a un resultado muy alto, que consideran que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado.

3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?

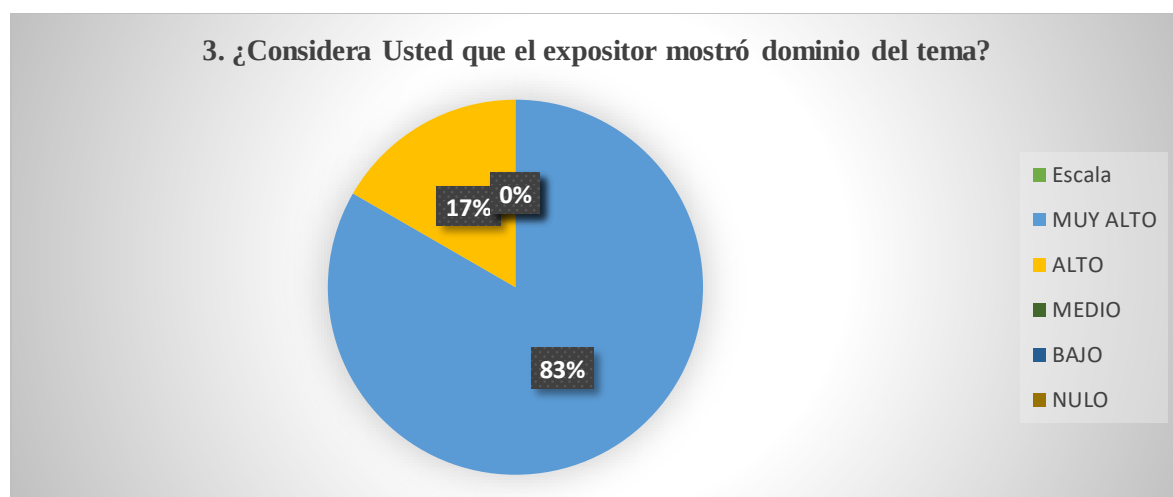


Figura 9. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (17%) asume un resultado alto, un (83%) asumen un resultado muy alto, que consideran que el expositor mostró dominio del tema.

4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?

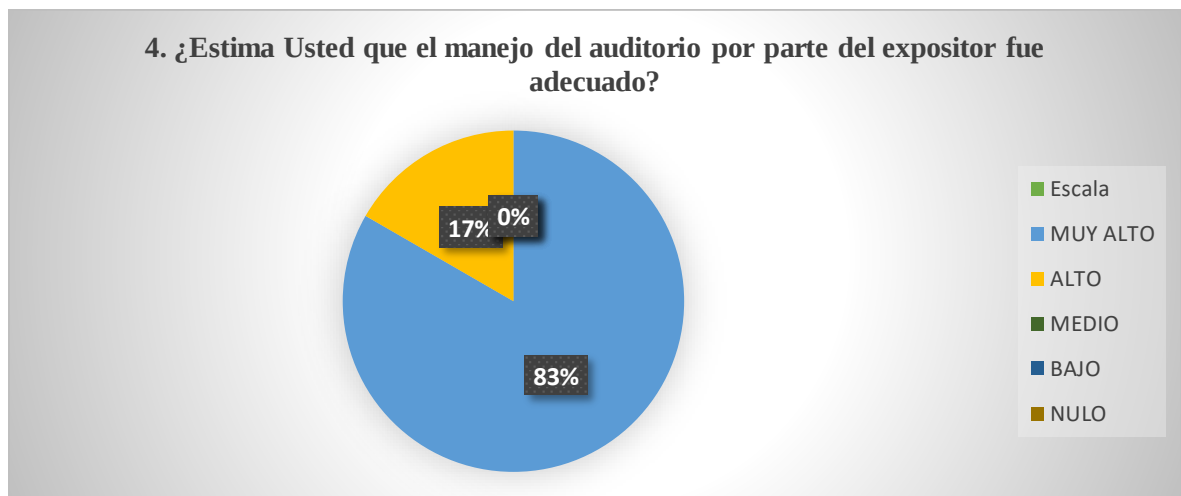


Figura 10. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (17%) asumen un resultado alto y un (83%) equivale a un resultado muy alto, que consideran que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado.

5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?

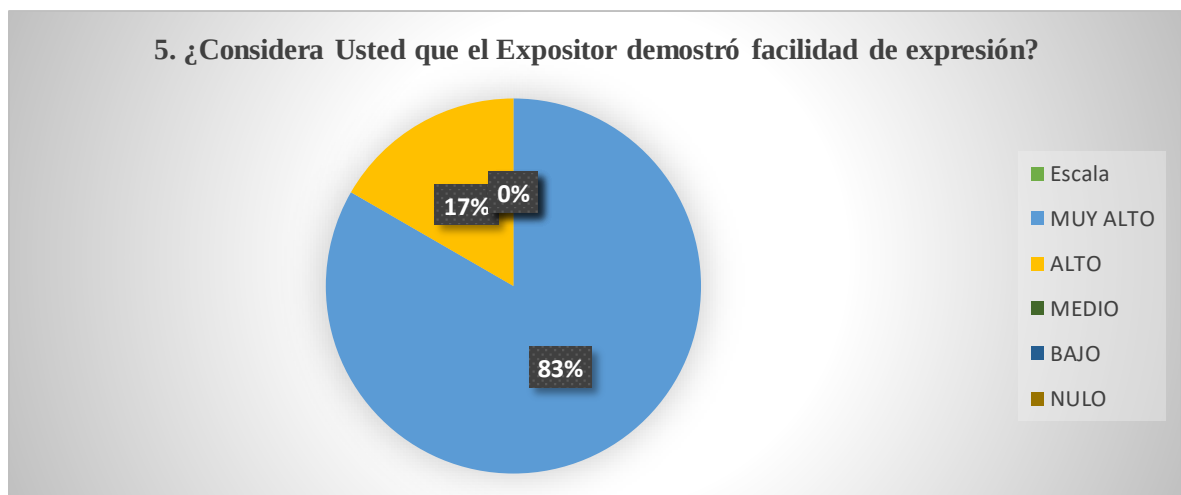


Figura 11. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (17%) asumen un resultado alto y un (83%) equivale a un resultado muy alto, que consideran que el expositor demostró facilidad de expresión.

6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?



Figura 12. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, el (100%) equivale a un resultado muy alto, consideran que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad.

7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?



Figura 13. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (8%) asume un resultado alto y un (92%) equivale a un resultado muy alto, que consideran que la investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores.

8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?

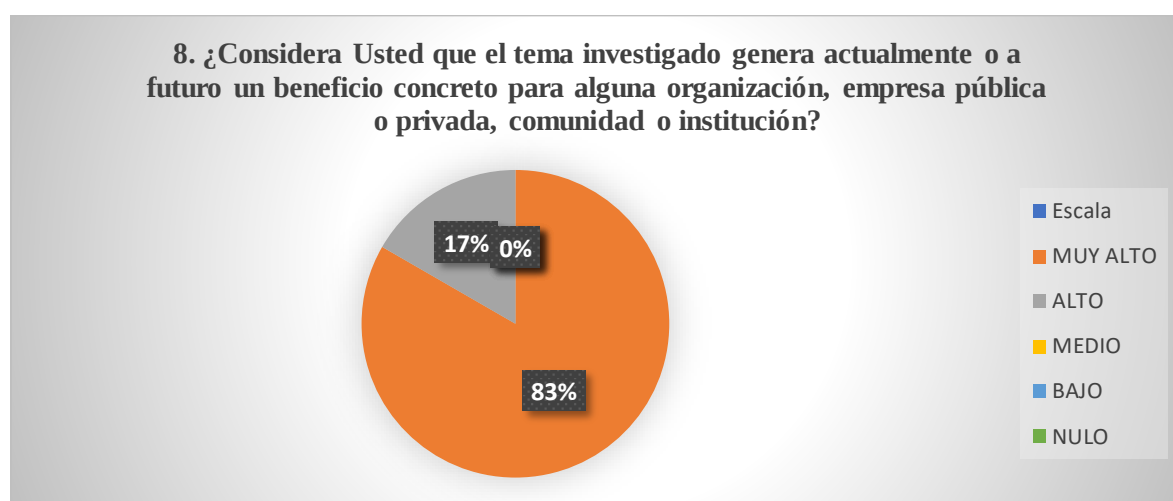


Figura 14. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (17%) asume un resultado alto, y un (83%) equivale a un resultado muy alto, que consideran que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución.

9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?



Figura 15. Resultados de encuesta realizada a los estudiantes y docentes PUCE.

Interpretación: Siendo un total de 12 encuestados, un (25%) asume un resultado alto, y un (75%) equivale a un resultado muy alto, que consideran que los objetivos planteados expuestos en la investigación se cumplieron.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- El desarrollo de la presente investigación permitió conocer la metodología de evaluación de la sostenibilidad en todas sus dimensiones (económico, ambiental, social, gobernanza) en el cultivo de frutilla bajo el sistema aeropónico en comparación con el sistema tradicional.
- El cultivo de frutilla bajo el sistema tradicional presentó una reducida gestión de sostenibilidad, equivalente a 30,5% según la metodología de evaluación de la sostenibilidad empleada SAFA.
- El sistema aeropónico para producción frutilla presentó valores más altos en la gestión de la sostenibilidad comparados con el sistema tradicional, equivalente a 60,8%.
- La dimensión de buena gobernanza en el cultivo de frutilla en el sistema tradicional equivale el 24,1%, mientras que el sistema aeropónico equivale el 20,3%, estos resultados permiten concluir que ambos sistemas productivos evaluados presentan un puntaje inaceptable en esta dimensión, lo que ha generado a través del tiempo la mala participación de las partes interesadas, la mala responsabilidad de los actores y de los responsables de los recursos humanos y financieros y con una redistribución injusta de los recursos y beneficios, que cada uno requiere.
- La dimensión de Integridad Ambiental en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla equivale el 27,8%, los temas Atmósfera, Agua, Tierra, Biodiversidad, son los que más resaltan como relevantes, mientras que el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla equivale el 82,2%, estos resultados permiten concluir que los procesos desarrollados por el sistema tradicional causan mayor impacto ambiental, principalmente por los labores de fertilización química y la utilización de plaguicidas para el control de plagas.

- La dimensión de Resiliencia Económica en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla equivale el 23%, los temas Vulnerabilidad, Inversión, Economía local y Calidad del producto son los que más resaltan como relevantes, mientras que el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla equivale el 65,4%. Estos resultados permiten concluir que el sistema tradicional en la producción de frutilla no cuenta con un alto capital inicial de instalación que el sistema aeropónico, pero no es rentable en el mercado, debido a la alta exposición de agroquímicos en el fruto. En cambio, en el sistema aeropónico tiene un mayor costo de implementación, presenta un ingreso neto total mayor y, por ende, mayor rentabilidad que el sistema tradicional, debido a que no utiliza una alta fertilización en la producción teniendo como resultado un producto de calidad y mayor accesibilidad al mercado.
- La dimensión Bienestar Social en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla equivale el 53%, los temas Medios de vida Digno, Seguridad, Salud Humana y Prácticas Comerciales Justas, son los que más resaltan como relevantes, mientras que el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla equivale el 89%, estos resultados permiten concluir la potencial falta de seguridad en relación con la salud humana en el sistema tradicional debido a sus prácticas laborales que demanda el cultivo de frutilla. En cambio, el sistema aeropónico como alternativa productiva contribuye hacia un amplio alcance de objetivos de desarrollo sostenible, soberanía alimentaria, y salud humana.
- Se observa aspectos por mejorar en ambos sistemas. En el sistema aeropónico se debe poner énfasis en la mejora de la dimensión de Buena Gobernanza en los temas de ética corporativa, responsabilidad, participación, estado de derecho y gestión holística; en la dimensión de integridad ambiental en el tema de biodiversidad y en la dimensión de Resiliencia Económica en los temas de vulnerabilidad y economía local. En el sistema tradicional, los aspectos que requieren ser atendidos son: la dimensión de Buena Gobernanza en los temas de ética corporativa, responsabilidad, participación y gestión holística; en la dimensión de Integridad Ambiental en los temas de atmósfera, agua, tierra, biodiversidad y materiales y energía, en la dimensión de Resiliencia Económica en los temas de vulnerabilidad y economía local

y en la dimensión Bienestar Social en los temas de prácticas comerciales justas y seguridad y salud humana.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Para mejorar los niveles de sostenibilidad de los sistemas productivos, en este caso de la frutilla, es recomendable que los gobiernos locales y nacionales, entidades de control (ministerios de Agricultura, Medio Ambiente) y tomadores de decisiones a nivel local (Comité de Gestión del Geoparque Imbabura) articulen esfuerzos para fortalecer procesos de aprendizaje social en términos de fortalecimiento de capacidades en relación al manejo de la producción de frutilla y de los cultivos que se producen en Imbabura, que permitan poner énfasis en la mejora de la dimensión de buena gobernanza en los temas de ética corporativa, responsabilidad, participación, estado de derecho y gestión holística, en la dimensión de Integridad Ambiental en el tema de biodiversidad, en la dimensión de Resiliencia Económica en los temas de vulnerabilidad y economía local y la dimensión de Integridad Ambiental en los temas de atmósfera, agua, tierra, biodiversidad, materiales y energía en el sistema aeropónico y tradicional.
- La implementación inicial del sistema aeropónico es costosa, por ello es importante que los productores o empresas evalúen la inversión y cuenten con capital suficiente para el sostenimiento por lo menos de 2 años. Cabe resaltar que luego sus rendimientos superan ampliamente los de un cultivo tradicional debido a que la mano de obra disminuye igual que el uso de agro-insumos de control, la cantidad de nutrientes, recurso hídrico y aumenta la densidad de siembra por metro cuadrado.
- La metodología aplicada para la presente investigación puede ser empleada para futuros estudios; ya sea en el mismo cultivo de frutilla o en otros, considerando el enfoque a lograr mejores niveles en torno a la productividad de las explotaciones y a la sostenibilidad de los mismos.
- El sistema aeropónico no es únicamente útil para el cultivo de frutilla, además se puede considerar en otras especies como en hortalizas de hojas; además, se puede considerar en plantas aromáticas, por lo que se debe investigar su uso, teniendo en

cuenta las distintas épocas del año para la producción, y así se pueda obtener cosechas en menor tiempo.

- Se recomienda realizar el análisis de la sostenibilidad SAFA cada 5 años para la evaluación de cambios en los sistemas de producción

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, W. 2019. *Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la frutilla (fragaria sp.) en el cantón Cayambe*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Quito, Ecuador.
- Angulo, R. 2009. *Fresa (Fragaria ananassa)*. Editorial Mary Luz Ángel.
- Anrango, D. 2017. *Evaluación del Impacto Ambiental provocado por el proceso de producción de frutilla (Fragaria dióica) en la comunidad de Inti Huaycopungo, parroquia González Suárez (Provincia de Imbabura)*. [Tesis de grado]. Universidad Católica del Ecuador, Ibarra, Ecuador.
- Arellano, J. 2020. *Producción y comercialización de frutilla (fragaria sp) en el cantón Otavalo, provincia de Imbabura*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Barzola, O. 2019. *Elaboración de un sistema aeropónico con energía fotovoltaica para producción hortícola como técnica de cultivo sostenible y autosuficiente en el ecosistema urbano*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú.
- Cartagena, L y Terán, P. 2016. *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de fresas de crecimiento vertical en la parroquia de Chaltura cantón Antonio ante provincia de Imbabura*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Cayambe, J. 2010. *Evaluación de soluciones nutritivas dinámicas para la producción de tubérculo–semilla categoría prebásica en dos variedades de papa bajo el sistema*

aeropónico. *Cutuglagua, Pichincha*. [Tesis de grado]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Cayambe, J; Diaz-Ambrona, G; Torres, B; y Heredia, M. 2021. Sistemas de apoyo a la decisión del Geoparque Imbabura: Andes Ecuatorianos. *Revista In International Conference on Information Technology & Systems*. 310-320. DOI: 10.1007/978-3-030-68418-1_30

Cevallos, J. 2020. *Hidroponía y Aeroponía como técnicas alternativas de preservación de los recursos naturales como desarrollo sostenible*. [Tesis de grado]. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Chalán, J. 2019. *Agricultura convencional y agroecología frente al cambio climático Elementos para el análisis a partir de las experiencias en 2 comunidades indígenas de la cuenca de lago San Pablo, Cantón Otavalo, Provincia de Imbabura*. [Tesis de grado]. Universidad Andina Simón Bolívar Sede Ecuador, Quito, Ecuador.

Chauvet, S.; Bello, B.; Barnes, N.; Alves, N. 2018. Un método para Evaluar Medidas de Control de Peligros en el Proceso de Frutilla Congeladas. *Tecnología y Ciencia*, 30: 17-27. <http://190.114.222.115/index.php/rtyc/article/view/132/125>

Chica, F y Garzón, J. 2018. Curvas de absorción-extracción de minerales bajo un sistema aeropónico para crisantemo blanco (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam. Cv. Atlantis White). *Acta Agronomica*, 67(1): 86–94. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.57988>

Chiqui, F y Lema, M. 2010. *Evaluación del rendimiento en el cultivo de fresa (Fragaria sp.) variedad oso grande, bajo invernadero mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) en la parroquia Octavio Cordero Palacios, Cantón Cuenca*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca, Ecuador.

- De Anda, J. 2016. La agricultura vertical: una opción sustentable para producir alimentos en México. *Aportes a la Sustentabilidad: una mirada desde la gestión del territorio y los recursos naturales*. ITESO: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.
- Enríquez, P y Soria, M. 2018. *Eficiencia de tres tipos de mulch orgánico en el comportamiento agronómico e impacto ambiental en cultivos asociados maíz (zea mays) - arveja (pisum sativum) en Aloburo y Yahuarcocha, Imbabura-Ecuador*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Estrada, J. 2019. *Modelo híbrido para la dosificación automática de nutrientes en un sistema aeropónico*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- FAO. 2013. *Evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación (SAFA)*. <http://www.fao.org/nr/sustainability/evaluaciones-de-la-sostenibilidad-safa/es/>
- Guaña, L.2019. *Inventario socioambiental participativo de los recursos hídricos existentes en la parroquia rural San Pablo del Lago, cantón Otavalo*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Gugole, M. 2012. *Manejo Integrado de la plaga Tetranychus urticae (Acari: Tetranychidae) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Naturales y Museo, La Plata, Argentina.
- Haydee, B. 2011. Metodologías e Indicadores de evaluación de Sistemas Agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*. 8(1): 1-18. <https://www.redalyc.org/pdf/2746/274619739001.pdf>

- Heredia, M; Falconí, K; Barreto, D; Amores, K; Silva, J y Torres, B. 2020. Conductas sustentables sobre el marco de evaluación SAFA - FAO: un aporte para poblaciones rurales vulnerables de la Amazonía - *Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, 33 (1): 312-326. <https://www.researchgate.net/publication/344661360>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2017. *Manual de Buenas Prácticas Agrícolas y Producción para el Cultivo de la Fresa*.
- Instituto Tecnológico Superior de Coalcomán [ITSC], 2018. *Manual de producción de fresa en Coalcomán Michoacán*.
- Lechón, W y Chicaiza, J. 2019. De la agricultura familiar campesina a las microempresas de monocultivo. Reestructura socioterritorial en la sierra norte del Ecuador. *Eutopía, Revista de Desarrollo Económico Territorial*. 15(1): 193-210 <http://doi.org/10.17141/eutopia.15.2019.3875>
- Lechón, L. 2015. *Redes de alimentación y producción artesanal en la parroquia de González Suárez-catón Otavalo. Un aporte al análisis de soberanía alimentara*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Llumiquinga, P. 2017. *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de frutilla Fragaria x ananassa (Weston) Duchesne; variedad albión*. [Tesis de grado]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Mateus, J. 2010. *Efecto del ambiente sobre la producción de minitubérculos de 10 genotipos de papa cultivados bajo un Sistema aeropónico*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Martínez, P. 2013. *Aeroponía como método de cultivo sostenible y rentable e incluyen en Colombia*. [Tesis de grado]. Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Márquez, F. 2020. *Diseño y caracterización del sistema aeropónico automatizado para el cultivo de Stevia rebaudiana*. [Tesis de grado]. Centro de Investigación Biológicas del Noroeste, S.C, La Paz, México.
- Medina, S; Quispe, S; García, L; Veneros, J; Chuquillanqui, C y Bolaños, C. 2017. Factores asociados al crecimiento y producción de semilla pre-básica en diez variedades de papa nativas bajo el sistema aeropónico en Kishuara – Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 21 (2): 25 – 38. <http://www.papaslatinas.org/revista.html>
- Muñoz, C. 2011. *Combate biológico del moho gris (Botrytis cinerea) bajo dos condiciones de almacenamiento, del fruto de fresa (fragaria x ananassa) c.v. Albión*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Otazú, V. 2010. *Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía*. Editorial USAID.
- Parra, E. 2018. *Producción y comercialización de frutilla (fragaria sp) en la parroquia Yaruquí, cantón Quito, provincia de Pichincha*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Pazmiño, J. 2019. *Efecto del recubrimiento comestible de tres concentraciones de colágeno en la conservación de fresa (Fragaria ananassa Weston)*. [Tesis de grado]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Quishpe, J. 2013. *Evaluación de la respuesta de frutilla (Fragaria dioica.) Al sistema de cultivo semihidropónico*. [Tesis de grado]. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.
- Quimbay, Y. 2019. *La agricultura vertical como estrategia para garantizar la seguridad alimentaria en términos de abastecimiento y calidad de productos en el*

municipio de Gachetá Cundinamarca. [Tesis de grado]. Universidad Abierta y a Distancia, Gachetá, Colombia.

Raura, D. 2017. *Análisis de Riesgo de Plagas para importar plantas de frutilla (Fragaria ananassa) para plantar originarias de Argentina y Chile*. [Tesis de grado]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.

Rendón, Y. 2013. *Sistemas aeropónicos en agricultura protegida*. [Tesis de grado]. Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, México.

Rojas, Y. 2018. *Evolución de la aeroponía en Colombia como innovación ambiental y sostenible*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Ibagué, Colombia.

Saca, M. 2019. *Evaluación de la sostenibilidad ambiental de agro ecosistemas en el páramo Fuctin de la comunidad Chanchaló aplicando la metodología SAFA, cantón Salcedo, provincia Cotopaxi, 2018*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.

Solís, M. 2011. *Evaluación de tres láminas y dos frecuencias de fertirriego, aplicadas por el método de goteo localizado en el cultivo de fresa (fragaria vesca) en la provincia de Tungurahua*. [Tesis de grado]. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Trace, B. 2019. *Análisis de Sostenibilidad de la Cadena de Valor de una Empresa Social Agroforestal en el Trópico Húmedo de América*. [Tesis de grado]. Universidad de Costa Rica, Rodrigo Facio, Costa Rica.

Tobar, M. 2007. *Proyecto agrícola para la creación de una planta de producción e industrialización de la fresa (fragaria vesca) en la agropecuaria forestal monterrey, ubicada en el cantón Pujili, provincia de Cotopaxi*. [Tesis de grado]. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Latacunga, Ecuador.

- Vargas, H. 2013. *Rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas en la producción de semilla pre-básica en diferentes cultivares de papa por el sistema aeropónico*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional del Centro del Perú, Jauja, Perú.
- Weiler, A; Albertini, S; Barreto, D y Heredia, M. 2019. Evaluación de la sustentabilidad a escala de sistemas silvopastoriles en tres ecorregiones del Paraguay. *Revista Amazónica de Ciencias y Tecnología*, 8 (1): 24-39. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7177564.pdf>
- Zaragoza, R. 2013. *Evaluación de técnicas hidropónicas en el cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) bajo invernadero*. [Tesis de posgrado]. Centro de Investigación en Química aplicada, Saltillo, México.

ANEXOS

Anexo 1 Modelo de Encuesta para los productores de cultivo de frutilla de la parroquia de González Suárez (Imbabura).

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

CULTIVO DE FRUTILLA – FORMATO ENCUESTA PRODUCTOR

A) INFORMACIÓN GENERAL
 Nombre: Celular:

- Lugar (País, Provincia, Cantón)
- Superficie de cultivo (ha)
- Rendimiento que obtiene en esa superficie (kg)
- Cantidad de desecho (hojas, frutos) si conoce (kg)
- Cantidad de plántulas empleadas en esa superficie (Número).....

B) MANEJO DEL CULTIVO

- Ciclo del cultivo (meses)
- Textura del suelo Fina () Media () Gruesa ()
- Contenido de materia orgánica (%)
- pH del suelo
- Fertilizantes utilizados:
 Mencionar los principales fertilizantes utilizados, la cantidad y el método de aplicación

Fertilizante	Cantidad	Unidad	Método de Aplicación

- Número de aplicaciones de plaguicidas.....
- Realiza alguna desinfección al suelo? Si () No ()
- Qué hace con los residuos de cosecha (hojas, tallos, frutos dañados) (Subraye)
 - Son removidos y abandonados sin tratamiento en un montón
 - Removidos para realizar Compost
 - Removidos e incorporados como mulch orgánico
 - Quemados
 - Retirados fuera de la finca

C) USO DE ENERGÍA

- Qué tipo de combustible usa para las labores de arada, surcada, etc?
 - Diésel ()
 - Gasolina ()
- Labor de Arada:
 - Qué tipo de herramienta usa:
 - Arado de cincel () Subsolador () Arado de vertedera ()
 - Número de operaciones (pasadas) con cada herramienta

Herramienta	Número de pasadas
Arado de cincel	
Subsolador	
Arado de vertedera	
Otra herramienta (Cuál)	

- Preparación del terreno:
 - Qué tipo de herramienta usa:
 - Surcadora () Arado de discos () Sembradora ()

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

D) Riego

- ¿Qué utiliza para el riego?
 - Riego por gravedad () Aspersión () Goteo ()
 - Profundidad de bombeo (5, 10, 20 metros, etc)
 - Distancia de transporte horizontal del agua (tubería) (metros):
 - Cantidad de agua aplicada a esta área (litros):
 - Tipo de energía utilizada para el riego:
 - Diésel () Gasolina () Red eléctrica ()
- Cosecha:
 - La cosecha es manual? Si () No ()
- Destrucción del follaje:
 - Cómo realiza la destrucción de los residuos de cosecha
 - Manual () Trituradoras () Incorpora al suelo con tractor () Quema de matas ()

D) PROCESAMIENTO PRIMARIO

- ¿Realiza lavado de la frutilla cosechada? Si () No ()
- De dónde proviene el agua utilizada para lavar la frutilla? Río/Acequia () Agua de la llave ()

E) COSTOS: Marque con una X el tipo de sistema de producción:

Convencional (Tierra) () Hidropónico ()

Detalle un valor aproximado para los siguientes costos del sistema de producción de frutilla

DETALLE	COSTO USD/ha
Plantulas	
Fertilizante	
Mano de Obra	
Imprevisto	
TOTAL	

F) INGRESOS

RENDIMIENTO (Kg/ha)	SUPERFICIE (m ² / o ha)	PRECIO DE VENTA USD/Kg	TOTAL USD

Anexo 2 Base de datos de la Información general de los productores de cultivo de frutilla de la parroquia de González Suárez (Imbabura).

Nombre	Celular	Lugar (Parroquia)	Superficie del cultivo (ha)	Rendimiento que obtiene en esa superficie (kg)	Cantidad de desechos (hojas y frutos) si conoce (kg)	Cantidad de plántulas empleadas
Elizabeth Flores	0985629046	González Suárez	5.000 m ²	390	65	40.000
Pamela Espinoza	0968304755	González Suárez	5.000 m ²	390	65	40.000
Luis Espinoza	0985629046	González Suárez	2.500 m ²	325	39	22.000
Jorge Cabascango	0993868746	González Suárez	800 m ²	180	10	1.000
Efrain Males	0994243929	González Suárez	5.000 m ²	440	12	20.000
Alberto Cabascango	0999325027	González Suárez	5.000 m ²	350	200	20.000
Manuel Pinango	0989951963	González Suárez	4.000 m ²	120	12	16.000
LuisPatricio Cabascangp	0999325024	González Suárez	8.000 m ²	520	40	64.000
María Torres	0967543210	González Suárez	2.500 m ²	300	32	20.000
Elena Torres	0960923312	González Suárez	2.500 m ²	300	32	20.000
Fernando Moreta	0987862145	González Suárez	5.000 m ²	350	30	25.000
Raúl Moreta	0991014529	González Suárez	7.000 m ²	480	45	55.000

Anexo 3 Base de datos del manejo de cultivo de frutilla de los productores de la parroquia de González Suárez (Imbabura).

MANEJO DEL CULTIVO								
Nombre de Agricultores	Ciclo del cultivo	Textura del suelo	Fertilizantes utilizados			N° de aplicaciones de plaguicidas	Realiza alguna desinfección al suelo SI/NO	¿Qué hace con los residuos de cosecha (hojas, tallos, frutos dañados)
			Tipo de Fertilizante	Cantidad	Método de aplicación al suelo			
Elizabeth Flores	2 años	gruesa	18-46-0	1qq	al suelo	una vez al mes	SI	Son removidos y abonados sin tratamiento en un montón.
			15-15-15	1qq	al suelo			
			10-30-10	1qq	al suelo, se mezcla todo			
Pamela Espinoza	2 años	gruesa	18-46-0	1qq	al suelo	2 veces al mes	SI	Son removidos y abonados sin tratamiento en un montón.
			15-15-15	1qq	al suelo			
			10-30-10	1qq	al suelo, se mezcla todo			
Luis Espinoza	2 años	gruesa	Nitrato de calcio	3 kilos	por goteo	cada 3 semanas	SI	Son removidos y abonados sin tratamiento en un montón.
			Nitrato de potasio	3 kilos	por goteo			
			Sulfato de magnesio	1 kilo	por goteo			
			Raizal	1 kilo	por goteo			
Jorge Cabascango	18 meses	gruesa	Nitrato de calcio	3 kilos	por goteo	1 -2 veces al mes	SI	Removidos e Incorporados como mulch orgánico.
			Sulfato de magnesio	1 kilo	por goteo			
Efrain Males	2 años	gruesa	15-15-15	1qq	al suelo	una vez al mes	SI	Removidos e Incorporados como mulch orgánico. Quemados.
			18-46-0	1qq	al suelo			
			0-0-60	1qq	al suelo			
Alberto Cabascango	2 años	gruesa	18-46-0	1qq	al suelo	una vez al mes	SI	Removidos e Incorporados como mulch orgánico.
			15-15-15	1qq	al suelo			
			10-30-10	1qq	al suelo, se mezcla todo			
Manuel Pinango	2 años	gruesa	Raizal	1 kilo	por goteo	una vez cada 15 días	SI	Son removidos y abonados sin tratamiento en un montón.
			azul	45 kg	al suelo - a la sombra			
			10-30-10	45 kg	al suelo - a la sombra			
Luis Patricio Cabascango	2 años	gruesa	18-46-0	45 kg	al suelo - a la sombra	2 veces al mes	SI	Son removidos y abonados sin tratamiento en un montón. Removidos e Incorporados como mulch orgánico.
			Fosfato mono potasio	3 kilos	por goteo			
			Fosfato monoamónico	3 kilos	por goteo			
Raizal			co					
			Raizal	3 kilos	por goteo			
María Torres	2 años	gruesa	15-15-15	1qq	al suelo	una vez al mes	SI	Removidos e Incorporados
			18-46-0	1qq	al suelo			

Elena Torres	2 años	gruesa	0-0-60	1qq	al suelo	una vez al mes	SI	como mulch orgánico. Removidos e Incorporados como mulch orgánico.
			15-15-15	1qq	al suelo			
			18-46-0	1qq	al suelo			
Fernando Moreta	2 años	gruesa	0-0-60	1qq	al suelo	1 -2 veces al mes	SI	Removidos e Incorporados como mulch orgánico.
			18-46-0	1qq	al suelo			
			15-15-15	1qq	al suelo			
Raul Moreta	2 años	gruesa	10-30-10	1qq	al suelo, se mezcla todo	2 veces al mes	SI	Son removidos y abonados sin tratamiento en un montón.
			Fosfato mono potasio	3 kilos	por goteo			
			Fosfato monoamónico	3 kilos	por goteo			
			Raizal	3 kilos	por goteo			
			Nitrato de calcio	3 kilos	por goteo			
			Sulfato de magnesio	1 kilo	por goteo			Removidos e Incorporados como mulch orgánico.

Anexo 4 Programa SAFA versión 2.2.4.


Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems

Load

Save As

Quick Save

Upload

Manual

Glossary

Welcome

Mapping

Contextualization

Indicators

Reporting

WELCOME TO THE FREE SAFA TOOL FOR FOOD AND AGRICULTURE SYSTEMS

The tool for Sustainability Assessments for Food and Agriculture systems (SAFA) provided free of charge by the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) was built to support the implementation of the SAFA guidelines along the various food and agricultural supply chains that can be found around the globe.

The underlying guidelines were developed as a working proposal for assessing the impact of food and agriculture operations. The guiding vision of SAFA is that food and agriculture systems worldwide are characterized by all four dimensions of sustainability: good governance, environmental integrity, economic resilience and social well-being. The indicators of this version are based on the SAFA guidelines 3.0 published on October 18th 2013.

Information entered into the assessment tool is stored by clicking on "Quick Save" in the upper left corner in a file with the extension ".xml". It can be found in the SAFA-Tool application folder (default "SAFAtool"). If you want to save it in another folder click on "Save As". Click "Load" and open the according file in order to continue a previously started SAFA.

read more ▾



▶ Start a new SAFA

Contextualization
Manual
Glossary

Load
Save As
Quick Save
Upload

Welcome
Mapping
Contextualization
Indicators
Reporting

G - GOOD GOVERNANCE
E - ENVIRONMENTAL INTEGRITY

C - ECONOMIC RESILIENCE
S - SOCIAL WELL-BEING

G - GOOD GOVERNANCE

G1 - Corporate Ethics

G 1.1 - Mission Statement
+
✓

G 1.1.1 - Mission Explicitness
→

G 1.1.2 - Mission Driven
→

G 1.2 - Due Diligence
+
✓

G 1.2.1 - Due Diligence
→

G2 - Accountability

G 2.1 - Holistic Audits
+
✓

G 2.1.1 - Holistic Audits
→

RESOLUCIÓN DE PREGUNTAS AMBIENTALES Y SOCIAL_CUESTIONARIO_SAFSA_FAO - Word (Error de activación de productos)

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DISEÑO DE PÁGINA REFERENCIAS CORRESPONDENCIA REVISAR VISTA

Avenir Next 11 A⁺ A⁻ Aa [Color] [Bullets] [Numbering] [Indentation] [Table] [Page Layout]

N K S abc X x' [Font Color] [Background Color] [Text Alignment] [List Style]

Fuente Párrafo Estilos

Impulsadores de la Misión G 1.1.2 (una respuesta)

1. ¿La misión de la empresa está articulada en todos los informes empresariales y es entendida por todos los empleados o miembros?

- ☐ Bueno
- ☒ Moderado
- ☐ Limitado

El grupo de productores de la empresa no tiene una misión articulada a sus actividades; o, la misión de la empresa o grupo de productores no aborda la sostenibilidad, o los documentos clave de planificación y presentación de informes de la empresa, o los rituales institucionales del grupo de productores, no confían en los principios de sostenibilidad.

2. En la misión de las empresas evidente en los códigos y políticas, ¿puede el órgano de gobierno demostrar el impacto de su misión en el desarrollo de políticas y prácticas?

- ☐ Bueno
- ☒ Moderado
- ☐ Limitado

El 100% del cuerpo de gobierno y la alta gerencia pueden identificar la influencia de los compromisos de sostenibilidad de la misión en las decisiones y procesos clave de la empresa.

El órgano de gobierno y la alta gerencia no pueden identificar ningún ejemplo de toma de decisiones impulsada por la misión; o las decisiones importantes de la empresa y sus prácticas son contrarias a la misión.

Debida Diligencia (G 1.2.1) (una respuesta).

3. ¿Tiene la empresa una política clara para la evaluación de impacto, herramientas apropiadas para la evaluación y puede demostrar que se están utilizando para informar decisiones que tendrán impactos a largo plazo sobre la sostenibilidad?

- ☒ Bueno
- ☐ Moderado
- ☐ Limitado

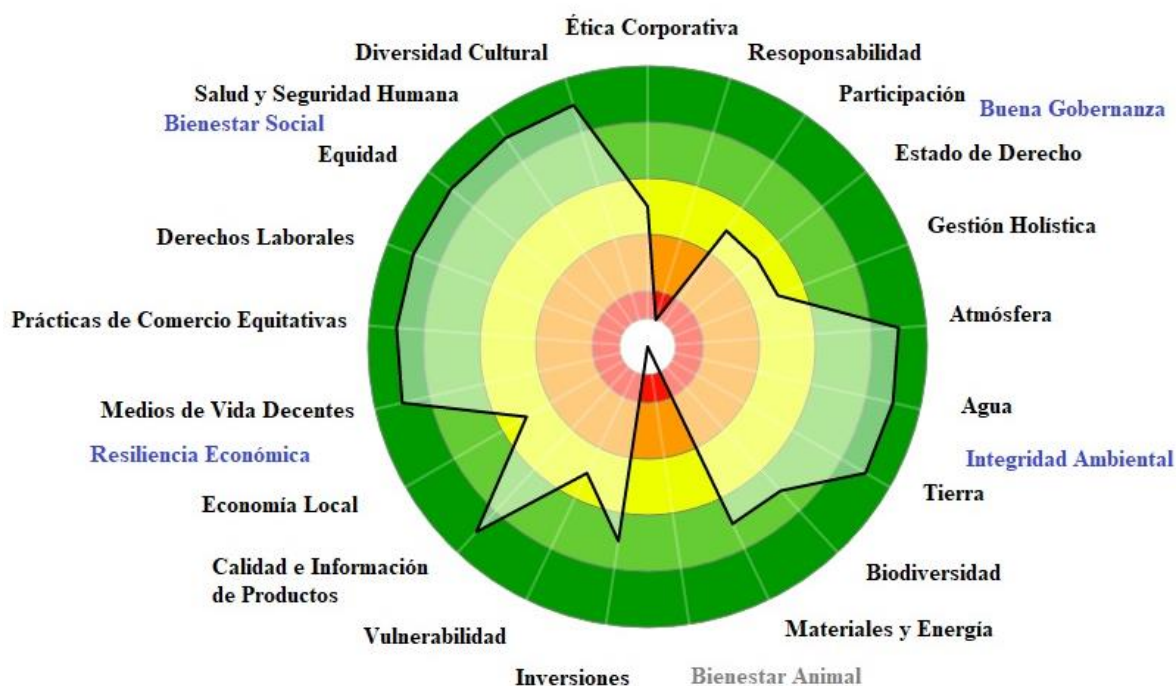
La empresa ha logrado todos los componentes de la evaluación de riesgos apropiada, identifica riesgos internos y externos, así como los impactos externos en otros en todas las

Representación de cálculos

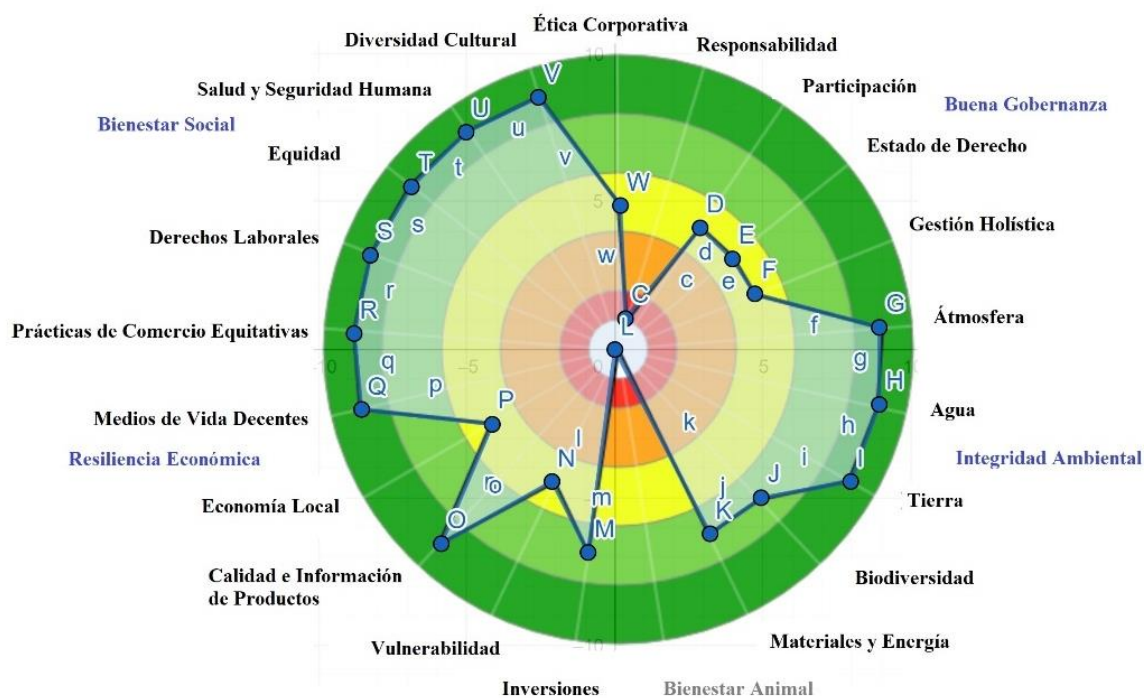
Anexo 7 Cálculos promedio de dimensiones y temas, de cada sistema de producción (aeropónico y tradicional), mediante software estadístico Excel.

Dimensiones	Temas	Sistema Óptimo	Sistema Aeropónico	Sistema Tradicional
Buena Gobernanza	1. Ética corporativa	10	4,87	4,91
	2. Responsabilidad	100%	49%	49%
	3. Participación	10	4,94	2,94
	4. Estados de Derecho	100%	49%	29%
	5. Gestión Holística	10	4,92	6,9
Integridad Ambiental	6. Atmósfera	10	8,9	4,93
	7. Agua	100%	89%	49%
	8. Tierra	10	8,92	4,91
	9. Biodiversidad	100%	89%	49%
	10. Materiales y Energía	10	7,03	4,92
Resiliencia Económica	11. Inversión	100%	70%	49%
	12. Vulnerabilidad	10	6,14	4,90
	13. Calidad del Producto e Información	100%	89%	49%
	14. Diversidad Cultural	10	8,91	5,04
	15. Salud y Seguridad Humana	100%	89%	50%

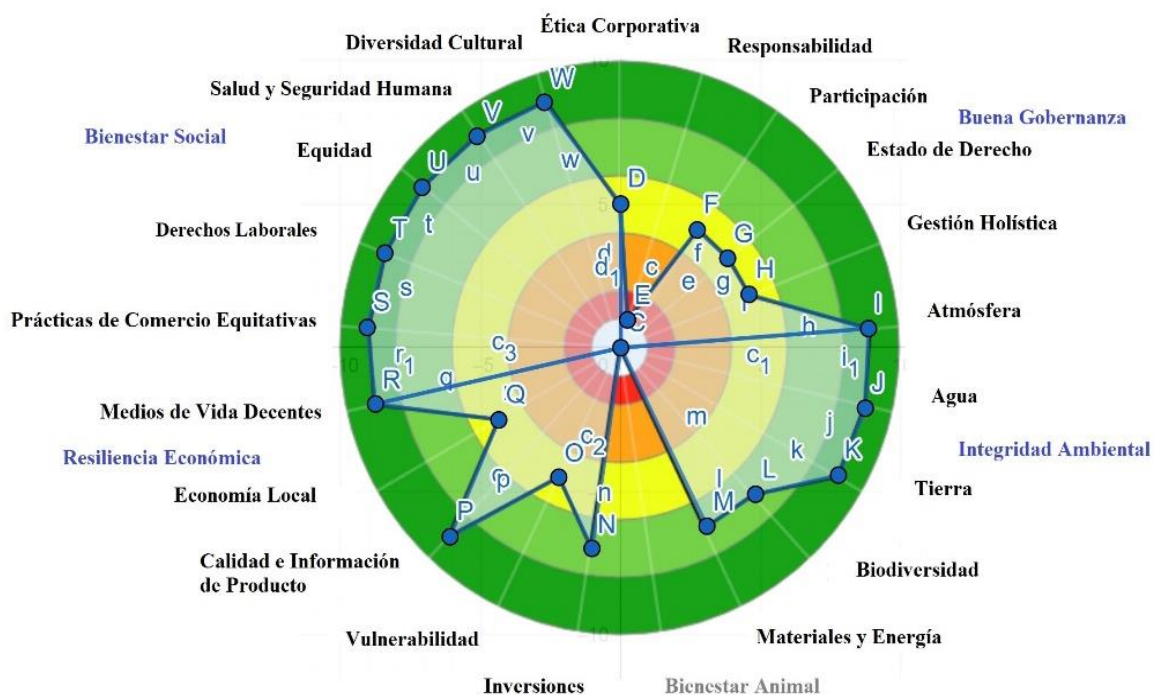
Anexo 8 Niveles de sostenibilidad utilizando el marco de evaluación SAFA-FAO con las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema aeropónico y tradicional en el cultivo de frutilla.



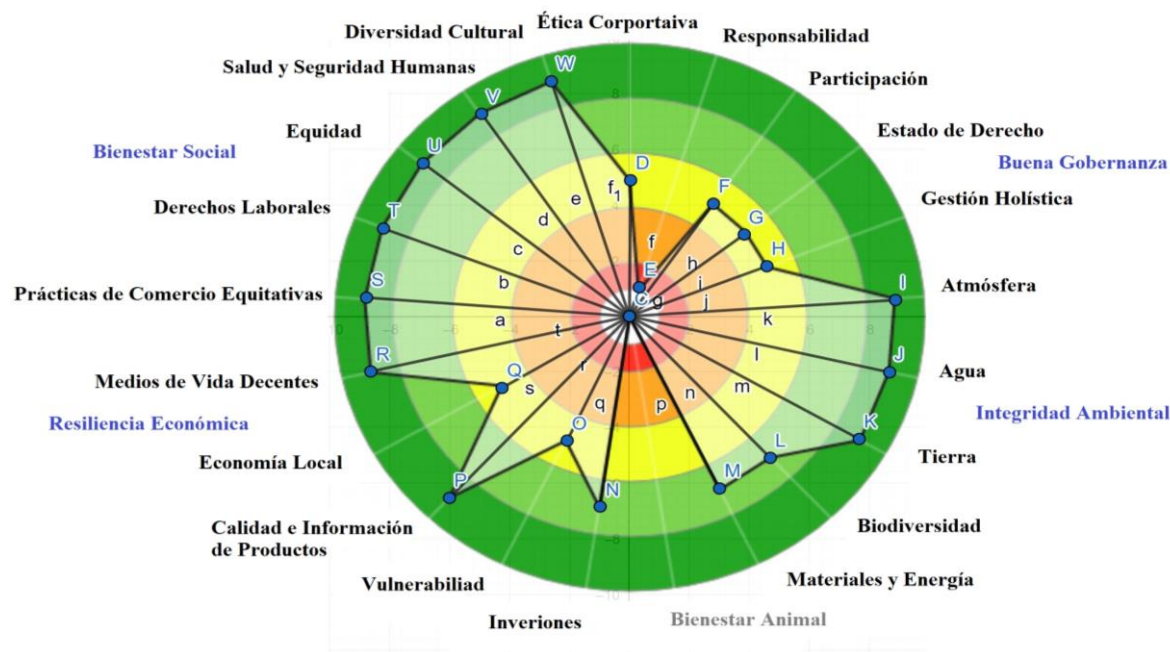
Anexo 9 Cálculo del área del polígono de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla.



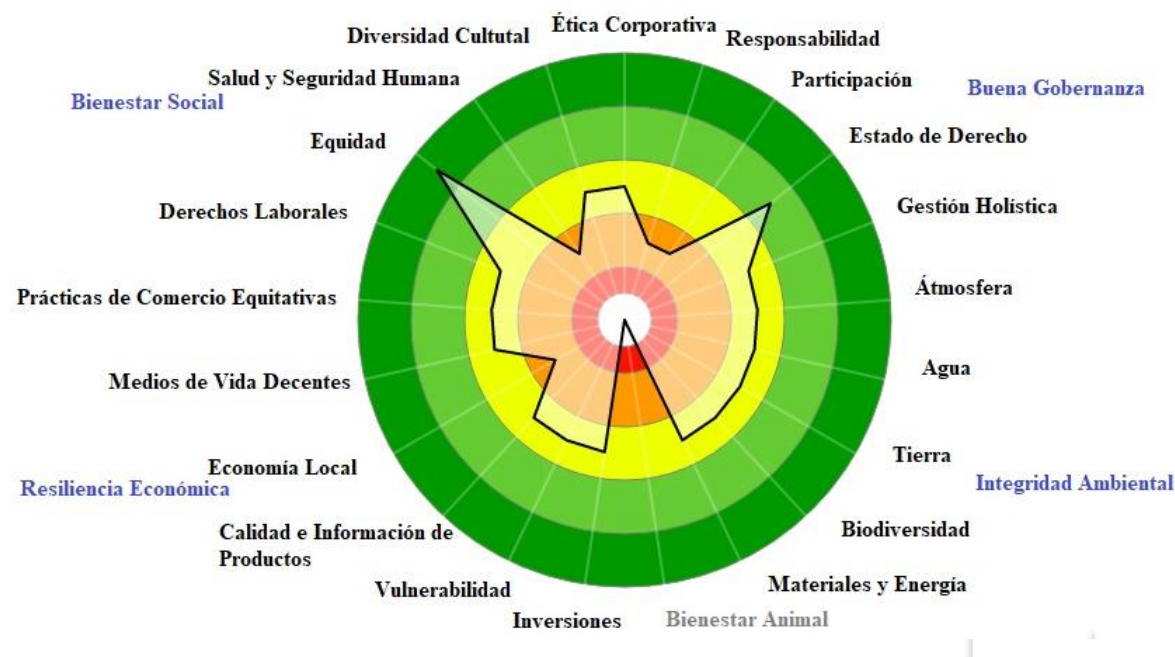
Anexo 10 Cálculo de las áreas de las dimensiones de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla.



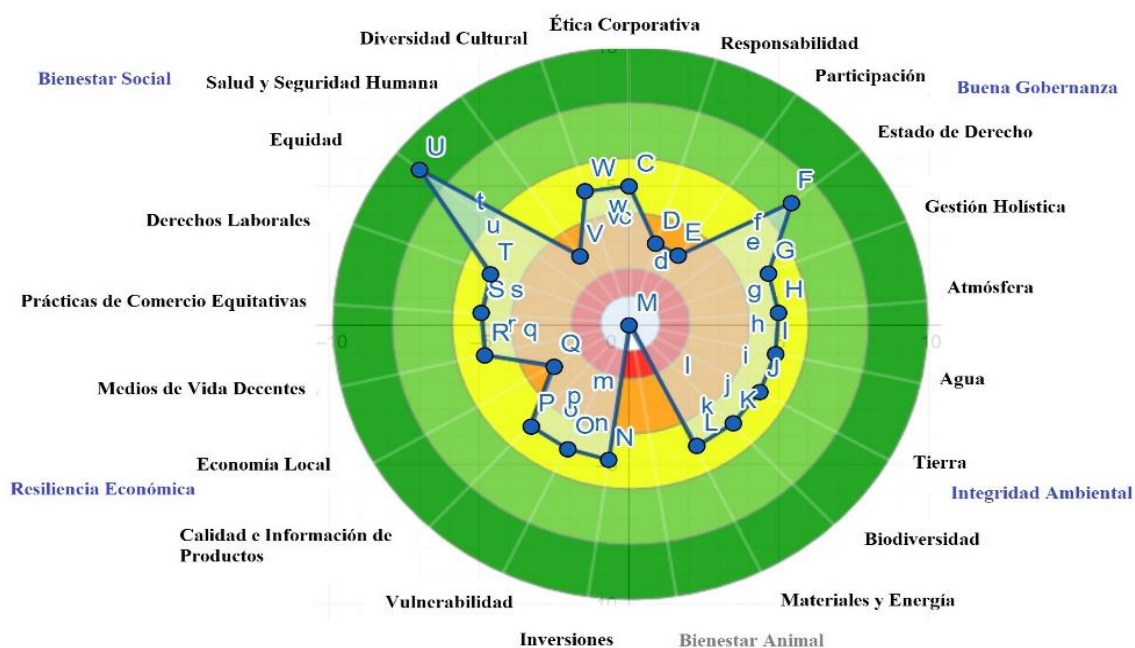
Anexo 11 Cálculo de los temas de sostenibilidad por (nivel del 0 al 10) utilizando la herramienta GeoGebra en las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema aeropónico en el cultivo de frutilla.



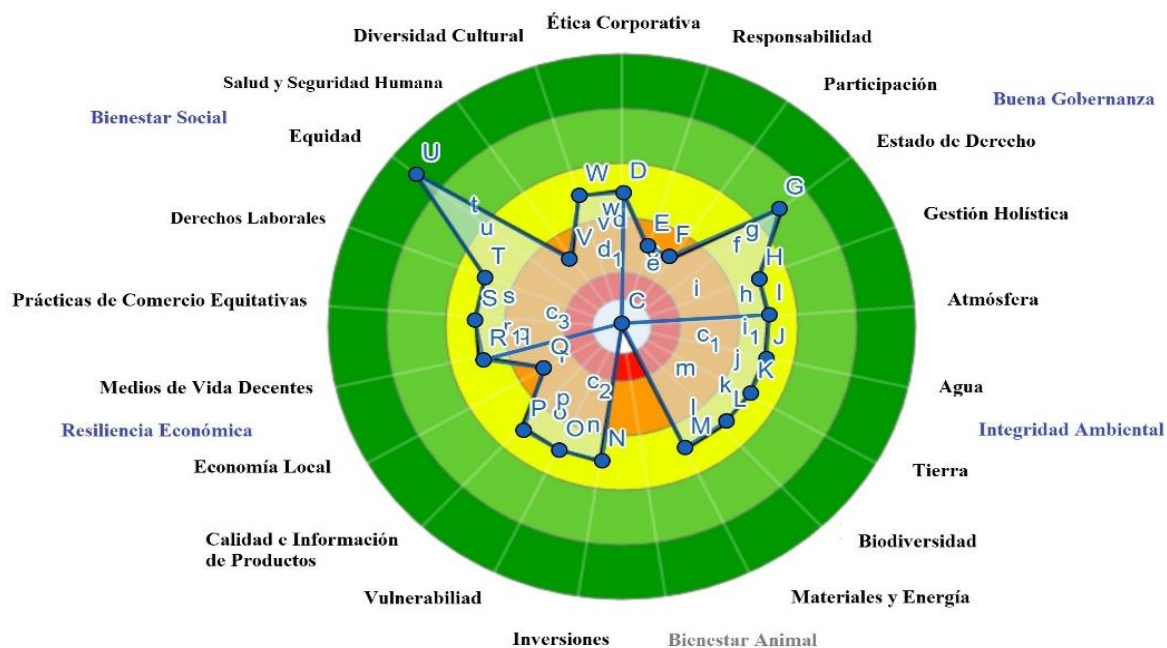
Anexo 12 Niveles de sostenibilidad utilizando el marco de evaluación SAFA-FAO con las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.



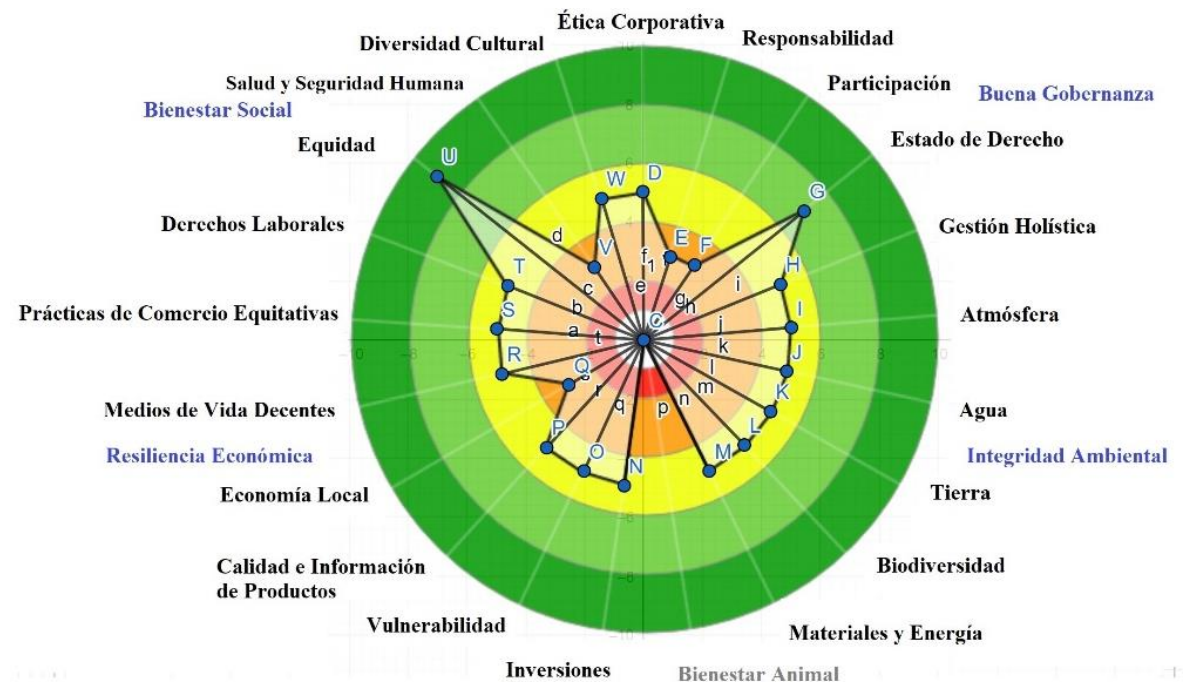
Anexo 13 Cálculo del área del polígono de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.



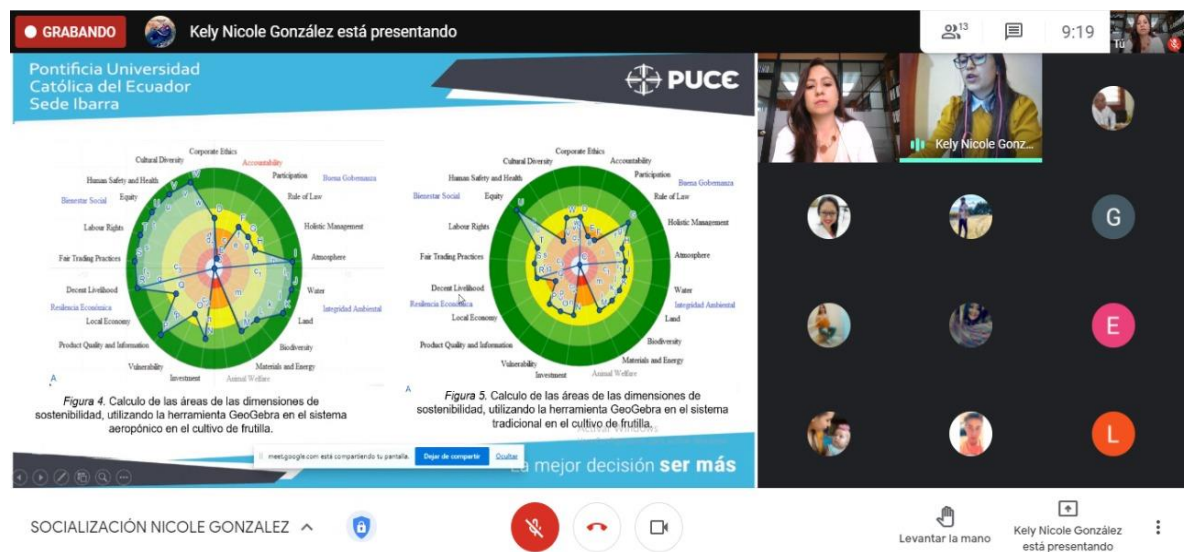
Anexo 14 Cálculo de las áreas de las dimensiones de sostenibilidad, utilizando la herramienta GeoGebra en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.



Anexo 15 Cálculo de las áreas de los temas de sostenibilidad por (nivel del 0 al 10), utilizando la herramienta GeoGebra en las dimensiones: económico, ambiental, social y de buena gobernanza en el sistema tradicional en el cultivo de frutilla.



Anexo 16 Socialización del proyecto de investigación a docentes y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.



Anexo 17 Socialización del proyecto de investigación en el evento del III Encuentro de Investigación e Innovación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra

Sistema de producción sostenible: Evaluación de la sostenibilidad mediante la herramienta (SAFA) en el cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*)

Kely González¹, Jhenny Cayambe¹
¹Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.



INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la investigación fue determinar la sostenibilidad del sistema aeropónico frente al convencional en la producción de frutilla (*Fragaria ananassa*). La metodología empleada tiene como marco referencial el concepto de sostenibilidad, para ella se definieron cuatro indicadores: ambiental, económico, social y de buena gobernanza, los cuales fueron analizados en los dos tipos de producción para el cultivo de frutilla.

MATERIALES

Herramientas Estadísticas:
 SAFA (Evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación)
 Geogebra

METODOLOGÍA

Fase 1.- Métodos para el desarrollo de la investigación

↓

Fase 2.- Recolección de datos

Jhenny Cayambe

Nicole González

Maria José Jiménez

Jose Antonio M...

RESULTADOS



Tabla 1.
Resultados obtenidos de los cuatro indicadores, en la producción del cultivo de frutilla (*Fragaria ananassa*).

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	ÁREA DE LA ZONA SOCIAL	ÁREA DE LA ZONA ECONÓMICA	ÁREA DE LA ZONA AMBIENTAL
TRADICIONAL	30.94	14.46	11.23
AEROPÓNICO	63.75	24.56	34.73

Figura 1: Comparación de los dos sistemas de producción en un Polígono de sostenibilidad

CONCLUSIÓN

Posteriormente, se determinó que el sistema aeropónico ofrece una alternativa única, ya que se puede aprovechar el espacio de suelos no productivos con la posibilidad de duplicar

Jhenny Cayambe

Nicole González

Maria José Jiménez

Jose Antonio M...