

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE



**SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
BANANO (*Musa paradisiaca* AAA) EN BABAHOYO, ECUADOR**

Presentada por:

OSCAR GUIDO CAICEDO CAMPOSANO

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR

***DOCTORIS PHILOSOPHIAE* EN AGRICULTURA SUSTENTABLE**

Lima – Perú

2021

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN AGRICULTURA SUSTENTABLE

**SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE
BANANO (*Musa paradisiaca* AAA) EN BABAHOYO, ECUADOR**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR
Doctoris Philosophiae (Ph.D.)

Presentada por:

OSCAR GUIDO CAICEDO CAMPOSANO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Luz Gómez Pando
Presidente

Ph.D. Hugo Soplín Villacorta
Asesor

Ph.D. Sady García Bendezú
Miembro

Ph.D. Julio Alegre Orihuela
Miembro

Ph.D. Sergio Eduardo Contreras Liza
Miembro Externo

*Con todo mi amor y cariño dedico el presente
trabajo por siempre a mis adoradas hijas
Mayra y Marcia.*

AGRADECIMIENTO

De todo corazón, gracias a mi querida familia, mi esposa, mis hijas, mi madre y mi hermano, por su comprensión y apoyo brindado en todo momento mientras yo dedicaba tiempo para mi preparación académica. Gracias por ser siempre mi estímulo de superación, por la paciencia que me brindan día a día y por el inmenso amor que me tienen.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina y su representante en calidad de Rector el Dr. Américo Guevara, a la Lic. Luz Aguilar Benavente y demás personas que laboran en esta institución, muchas gracias por su amabilidad, al ser unos seres humanos muy gentiles.

Al personal de la Escuela de Posgrado y del Programa de Maestría y Doctorado en Agricultura Sustentable, Dr. Alberto Julca, Marcial Enciso, Rebeca Ordoñez y Bertha Paullo; asimismo, siento un profundo agradecimiento con dos servidores del Programa de Maestría en Innovación Agraria para el Desarrollo Rural el Dr. Salomón Helfgott Lerner y la Eco. Delia Aguilar Benavente.

Al señor Doctor Hugo Soplín Villacorta, mi agradecimiento de manera muy especial por su incondicional apoyo y permanente aporte de conocimientos y experiencias durante su patrocinio para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A mi ex profesor y entrañable amigo Dr. C. Carlos Balmaseda Espinosa, quien es mi referente en temas de investigación agropecuaria, y a quien le agradezco también el brindarme sus conocimientos en el ámbito de la docencia universitaria.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Importancia del cultivo de banano	6
2.2. Aspectos agrotécnicos del banano.....	8
2.3. Sustentabilidad.....	12
2.4. Agricultura Sustentable.....	13
2.5. Agricultura Convencional.....	14
2.6. Sustentabilidad de sistemas de producción agrícola.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Datos de la zona.....	22
3.1.1. Ubicación.....	22
3.2. Materiales.....	23
3.3. Tipo de investigación.....	24
3.4. Metodología.....	24
3.4.1. Caracterización de los sistemas de producción de banano de la zona de Babahoyo.....	24
3.4.2. Determinación de los índices de sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo	25
3.4.3. Formulación de un plan de acción que contribuya a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo.....	25
3.5. Validación de indicadores y subindicadores.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Caracterización de los sistemas de producción de banano de la zona de Babahoyo.....	28
4.2. Determinación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo.....	35
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	46
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
VIII. ANEXOS	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del cantón Babahoyo, Ecuador.....	22
Figura 2.	Dendrograma del análisis de conglomerado o clúster, con el método de Ward (distancia de corte de 90).....	29
Figura 3.	Responsables de la finca según grupo etario.....	30
Figura 4.	Ingresos económicos mensuales de los bananeros.....	30
Figura 5.	Tipo de vivienda de los productores.....	31
Figura 6.	Cultivo de banano según tipo.....	31
Figura 7.	Nivel tecnológico.....	32
Figura 8.	Frecuencia de fertilización edáfica.....	32
Figura 9.	Formalización de venta de la cosecha.....	33
Figura 10.	Diagrama de sustentabilidad económica entre tamaño de fincas...	39
Figura 11.	Diagrama de sustentabilidad ambiental entre tamaño de fincas....	40
Figura 12.	Diagrama de Sustentabilidad Social entre tamaño de fincas.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Estructura productiva del banano en Ecuador.....	7
Tabla 2.	Sistemas de siembra de banano.....	8
Tabla 3.	Otras variables que agrupan a las fincas según la estructura productiva de banano en Ecuador.....	34
Tabla 4.	Dominio de valores para los subindicadores de la Dimensión Económica.....	35
Tabla 5.	Dominio de valores para los subindicadores de la Dimensión Ambiental.....	36
Tabla 6.	Dominio de valores para los subindicadores de la Dimensión Social.	37
Tabla 7.	Sustentabilidad según tamaño de fincas.....	38
Tabla 8.	Plan de acción para la contribución a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano el cantón Babahoyo.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Fotografías desarrollo de la investigación.....	54
Anexo 2.	Formato de encuesta para caracterización de fincas.....	59
Anexo 3.	Formato de encuesta para validar los indicadores y subindicadores de sustentabilidad.....	63
Anexo 4.	Formato de encuesta para validar el trabajo de sustentabilidad y el plan de acción.....	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. De una población de 193 productores se tomó una muestra ($n=65$), luego con las encuestas que se levantaron a dicha muestra se caracterizaron las fincas mediante un análisis de conglomerado por el Método de Ward con una distancia Euclídea cuadrada de 90, a esta distancia se identificaron ocho grupos. Se valoró la sustentabilidad de estas fincas mediante la selección de los agricultores participantes, definición de las dimensiones y los atributos de análisis, construcción de los indicadores a evaluar, recolección de datos, integración de los resultados. Luego se procedió a elaborar un plan de acción que contribuya a la sustentabilidad, para esto se consideró el diseño transversal con un alcance descriptivo con la finalidad de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Los indicadores y subindicadores establecidos para valorar la sustentabilidad, así como los elementos del plan de acción fueron validados mediante consulta a expertos aplicando el método Delphi, luego para conocer las coincidencias entre los expertos se empleó aplicó el coeficiente de Kendall y el alfa de Cronbach. De los resultados se puede resaltar el 100 % de los responsables de las fincas son hombres, que el 85 % de estos agroecosistemas tienen infraestructura completa, que la no diversificación de cultivos, según la metodología aplicada, el manejo del sistema del cultivo la frecuencia de aplicación de fungicidas, la falta de superficie cultivada para el autoconsumo, limitan la sustentabilidad de estos sistemas de producción. Luego con esos resultados se diseñó el plan de acción, el cual tuvo como estructura objetivos deseados donde entre otros se definió implementar métodos de manejo sustentable del cultivo, como meta esperada se estableció que se realizan prácticas amigables con el medio ambiente en el 90 % las fincas pequeñas, al final del primer año, y como acciones que se deben tomar se delineó introducir prácticas agroecológicas, orgánicas y conservacionistas en los sistemas de producción de banano. De los resultados obtenidos se concluye que los aspectos como de manejo de sistema de cultivo, diversidad de cultivos y manejo integrado de plagas podrían mejorarse reduciendo el uso intensivo de agrotóxicos, e introduciendo alternativas agroecológicas para incrementar la diversidad de cultivos y el control de plagas, a corto y mediano plazo el plan de acción propuesto considera mejorar con objetivos, metas y acciones los parámetros que limitan la sustentabilidad en los sistemas de producción de banano.

Palabras clave: Caracterización, sustentabilidad, sistemas de producción, banano

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the sustainability of banana production systems in Babahoyo, Los Rios, Ecuador. From a population of 193 producers, a sample was taken (n=65), then with the surveys that were taken from this sample, the farms were characterized through a cluster analysis by Ward's method with a Euclidean square distance of 90, at this distance, eight groups were identified. The sustainability of these farms was assessed by selecting the participating farmers, defining the dimensions and attributes of analysis, constructing the indicators to be evaluated, collecting data and integrating the results. Then we proceeded to elaborate an action plan that contributes to sustainability, for this purpose we considered the transversal design with a descriptive scope with the purpose of describing variables and analyzing their incidence and interrelation at a given moment. The indicators and sub-indicators established to assess sustainability, as well as the elements of the action plan, were validated by consulting experts using the Delphi method, and then the Kendall coefficient and Cronbach's alpha were used to determine the coincidence between the experts. From the results it can be highlighted that 100 % of the people in charge of the farms are men, that 85 % of these agro-ecosystems have complete infrastructure, that the non-diversification of crops, according to the applied methodology, the management of the crop system, the frequency of fungicide application, the lack of cultivated area for self-consumption, limit the sustainability of these production systems. Then with these results, the action plan was designed, which contains desired objectives where, among others, it was defined to implement sustainable crop management methods, as an expected goal it was established that environmentally friendly practices are carried out in 90 % of the small farms at the end of the first year, and as actions to be taken it was outlined to introduce agroecological, organic and conservationist practices in banana production systems. From the results obtained it is concluded that aspects such as crop system management, crop diversity and integrated pest management could be improved by reducing the intensive use of pesticides, and introducing agroecological alternatives to increase crop diversity and pest control, in the short and medium term the proposed action plan considers improving with objectives, goals and actions the parameters that limit sustainability in banana production systems.

Keywords: Characterization, sustainability, production systems, banana

I. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa paradisiaca* AAA) es una fruta que ha trascendido por cientos de años y ha sido consumida por todas las culturas y etnias sobre el planeta por ser un alimento muy rico en proteínas y vitaminas.

Existen muchas teorías respecto al origen del banano; sin embargo, la más aceptada es la que indica que el cultivo se origina en Asia meridional, siendo conocido en el Mediterráneo desde el año 650 d.C. Luego de llegar a Canarias en el siglo XV, fue traído a América en el año 1516. A finales del siglo XIX y principios del siglo XX se inicia el cultivo comercial.

Este fruto se cultiva en todas las zonas tropicales del planeta; es el cuarto cultivo alimentario más importante en el mundo, después del arroz, trigo y maíz y es un rubro de vital importancia para las economías de muchos países en vías de desarrollo, es por ello que el banano generalmente se cultiva bajo el modelo de agricultura convencional. Esta actividad agrícola trae consigo la utilización de una inmensa carga de productos con la finalidad de proteger el cultivo; sin embargo, estos suelen contaminar no solo las zonas aledañas a las plantaciones, sino que los agrotóxicos aplicados son arrastrados por canales y ríos hasta los mares u océanos donde mueren corales y peces.

El “boom” bananero se inicia entre en la década de 1940, a consecuencia de un fenómeno natural que azotó las costas del Caribe destruyendo las plantaciones de esta fruta en los países productores de Centroamérica. Fue así que los agricultores de las zonas tropicales del Ecuador aprovecharon la oportunidad para introducir esta especie. El inicio del cultivo de banano en la provincia El Oro fue impulsado por las tímidas iniciativas de empresarios agrícolas o de grupos familiares.

El Ecuador es el único país de Latinoamérica que ha logrado ubicarse en el mundo como primer exportador de banano, seguido de otros países latinos que producen banano orgánico. Datos estadísticos corroboran que el banano fresco es la fruta más consumida con la única

excepción de los frutos cítricos. Ecuador produce el 12 % del banano que se consume a nivel mundial y fue hasta cierto momento el país con las más altas cifras de exportación de banano orgánico, llegando a exportar aproximadamente 9,9 millones de toneladas (t) que se producían en 10 500 hectáreas (ha) de cultivo. Actualmente, el hermano país del Perú ha superado ese rendimiento y se ubica por encima del Ecuador respecto a la producción de banano orgánico.

Entre las décadas de 1950 y 1970, era habitual observar que en las fincas ecuatorianas se cultivara cacao, forrajes, frutales y otros productos, como una forma de prevenir los riesgos económicos que implicaba la incursión en el monocultivo de banano. La producción de banano de exportación es una actividad tecnológica y económica que se mantiene como el principal producto de exportación no petrolero en nuestro país.

En la provincia de Los Ríos, cerca del 10 % de los suelos agrícolas lo ocupan plantaciones bananeras. Además, la actividad bananera representa un rubro muy importante en términos económicos para este territorio, es por ello que requiere de grandes inversiones en infraestructura agrícola debido a sus altos costos de producción, especialmente para el control de enfermedades, insectos, plagas y nemátodos.

Los procedimientos convencionales empleados para valorar la sustentabilidad en fincas de banano, tales como el beneficio económico, no son suficientes para evaluar su sustentabilidad en la línea del tiempo, puesto que para este esquema de evaluación no se considera dentro del análisis aspectos sociales y ambientales, los cuales hoy por hoy son elementos muy importantes dentro de los sistemas de producción agrícola.

Actualmente, existen políticas definidas para promover la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola, siendo una de las opciones identificar sistemas de producción agropecuaria alternativos que combinen alta productividad y rentabilidad con menor dependencia de insumos externos, garantizando su autosuficiencia. Sin embargo, para lograr implementar medidas alternativas y alcanzar su sustentabilidad, es necesario evaluar los niveles de sustentabilidad en los sistemas de producción existentes. Hacia esta acción está enfocado el propósito de esta investigación.

En la mayoría de los países productores de banano, los sistemas de producción de este cultivo sufren dos problemas fundamentales, el primero de ellos es la gran carga de agrotóxicos empleados para el control fitosanitario y los efectos negativos para el medio ambiente, y el segundo problema es la interminable injusticia social coligadas al ámbito laboral y la distribución no equitativa de los beneficios lo cual genera que la producción de banano sea catalogada como no sustentable, tanto desde el punto de vista ambiental como social.

En Ecuador como en otros países productores de banano, las labores agrícolas en los agroecosistemas de este cultivo provocan un gran impacto a las zonas aledañas. El manejo convencional de los sistemas trae consigo la aplicación de actividades inadecuadas tales como prácticas agrotécnicas, llegando a provocar erosión, acidificación y salinización de los suelos, así como contaminación al aire a causa de fumigaciones en las áreas de cultivo con fines fitosanitarios. La contaminación de las fuentes de agua por los desechos sólidos y residuos de sustancias tóxicas e incluso e incluso fertilizantes inorgánicos, son algunas otras actividades inadecuadas que ocasionan impactos negativos en lado ambiental y social.

Esto no se trata de un problema reciente; las discusiones sobre las situaciones negativas ambientales y sociales en torno a la producción de banano están presentes desde hace tres décadas atrás, cuando los productores sustituyeron a las empresas multinacionales y empezaron a empoderarse de los mercados. Al tener mayor contacto con los consumidores y ser más atentos con sus demandas, los bananeros respondieron según sus convicciones a los clamores de las organizaciones sin fines de lucro y grupos ecologistas sobre los impactos ambientales y sociales negativos de que provocan estos agroecosistemas.

La industria bananera ecuatoriana, de manera facultativa, se incluyó en una operación de autorregulación diseñando modelos, elaborando normas, procedimientos y planes de certificación voluntarios para mitigar la intranquilidad de los consumidores. En términos de una innovación perceptible, se buscó lograr un sistema de producción de banano más sustentable que pueda articular científicamente las dimensiones económicas, ambientales y sociales. Debe tenerse en cuenta que para alcanzar la sustentabilidad se requiere de un minucioso análisis del estado actual de los agroecosistemas de banano en términos de sustentabilidad, para luego poder formular estrategias que permitan alcanzar una transición exitosa hacia sistemas de producción sustentables de esta especie vegetal.

Es por ello, que la producción de banano comestible (*Musa paradisiaca* AAA) en la provincia de Los Ríos, así como en el resto del Ecuador depende de prácticas fitosanitarias agresivas para el control de Sigatoka, nemátodos y malezas, todo esto sumado al excesivo uso de fertilizantes.

En la provincia de Los Ríos existe ausencia de sistemas de producción de banano establecidos con infraestructura adecuada, lo cual impide la mitigación de los impactos de erosión y lixiviación en los suelos bananeros. Asimismo, las fumigaciones indiscriminadas con fungicidas, las cuales, en número, llegan hasta 35 durante todo el año, provocan malestares en las escuelas y asentamientos humanos ubicados dentro de las plantaciones o aledaños a las mismas.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, podemos indicar que el propósito de la investigación fue responder las siguientes interrogantes:

¿Existen diferencias entre los sistemas de producción de banano en la localidad de Babahoyo?

¿Los sistemas de producción de banano en Babahoyo, son sustentables?

¿La valoración de la sustentabilidad de los agroecosistemas de banano permite elaborar un plan de acción que contribuya a la sustentabilidad?

El objetivo principal de la investigación fue evaluar la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en la localidad de Babahoyo, provincia Los Ríos, Ecuador.

Asimismo, se consideró los siguientes objetivos específicos planteados:

- Caracterizar los sistemas de producción de banano de la localidad de Babahoyo
- Determinar la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo
- Formular un plan de acción que contribuya a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo.

La hipótesis principal fue cuantificar la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo permite la formulación de un plan de acción que contribuya a un manejo diferente al convencional en estos agroecosistemas. Las hipótesis alternas corresponden tal y como se indican a continuación:

- H₀ 1: No existen diferencias entre los sistemas de producción de banano en la localidad de Babahoyo.
- H₀ 2: Todos los sistemas de producción de banano en Babahoyo son sustentables.
- H₀ 3: El valor de la sustentabilidad permite elaborar un plan de acción que contribuyan a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo.
- H₁ 1: Existen diferencias entre los sistemas de producción de banano en la localidad de Babahoyo.
- H₁ 2: No todos los sistemas de producción de banano en Babahoyo son sustentables.
- H₁ 3: El valor de la sustentabilidad no permite elaborar un plan de acción que contribuyan a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE BANANO

La FAO (2020) manifiesta que el cultivo de banano es uno de los más rentables y extensivos en Latinoamérica y el Caribe. Debido a sus propiedades nutricionales, esta musácea es el producto emblema que genera ingresos económicos de exportación agrícola del Ecuador, su demanda se fundamenta en la calidad, siendo un fruto muy consumido en diversos países, estas propiedades están constituidas principalmente por macro y micronutrientes, además posee compuestos bioactivos y propiedades fitonutritivas que fortifican la salud, es una de las principales fuentes alimenticias para las familias del litoral Ecuatoriano (Cabrera *et al.* 2020).

En el territorio ecuatoriano, la producción de banano con fines de exportación, es una actividad de carácter tecnológico y económico distinta a la producción de banano convencional, es decir banano con fines de consumo interno. Por ello, en países productores como Ecuador, se mantiene como el principal producto de exportación no petrolero (Pro Ecuador 2016).

En la provincia de Los Ríos, la producción de banano es una actividad que representa un rubro muy importante en términos económicos, por ello, demanda de grandes inversiones en infraestructura agrícola tales como irrigación, drenaje, instalaciones para post cosecha, cable vía, entre otros; de las 637 000 ha de suelos agrícolas, cerca del 10 % de la superficie citada se encuentra cultivada con banano (INEC 2011).

La producción de banano en el Ecuador se realiza en 20 de sus 24 provincias del territorio nacional. El litoral aporta con el 89 % de la producción a nivel nacional; la región interandina, el 10 % y la región amazónica, el 1 %. En el litoral, las provincias de mayor producción de banano son: Los Ríos con el 35 % y Guayas con el 32 % de la producción nacional.

En la sierra ecuatoriana, las zonas con climas cálidos de las provincias de Cañar, Bolívar, Pichincha, Santo Domingo de los Tsachilas y Loja, aportan el 3.9 %, 1.8 %, 1.4 %, 1.4 % y 0.8 % de la producción nacional de banano, respectivamente. Las demás provincias tienen una producción menor (Revista El Agro 2013).

En Ecuador la actividad bananera es parte importante de la economía nacional, la generación de empleo y el equilibrio comercial del país. Las participaciones económicas, sociales y ecológicas de las cadenas de valor del banano, polemizan las opciones de políticas y los costos de oportunidad actuales. El incremento de la producción de estos agroecosistemas y la mejora de las labores fitosanitarias sustentables, encabezan las preferencias tanto del gobierno como de la empresa privada (Elbehri *et al.* 2015).

Según el MAGAP (2016), la estructura productiva de banano en función al tamaño de las unidades de producción está conformada por productores propietarios de pequeñas, medianas y grandes fincas, tal y como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Estructura productiva del banano en Ecuador

Tipo de productor	Productores (%)	Superficie (%)
Pequeño	79	25
Mediano	16	36
Grande	5	39

Fuente: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2016).

Los productores de fincas pequeñas están constituidos por aquellos que cuentan con 0 a 30 ha, las fincas pequeñas con aquellas que tiene de 30 a 100 ha y las fincas grandes están constituidas por todas aquellas propiedades que tienen de 100 ha en adelante.

MAGAP (2016) manifiesta que, en términos económicos, la actividad bananera antes y después del inicio de las explotaciones petroleras viene generando divisas para el fisco; tales como un 2 % del Producto Interno Bruto (PIB), 26 % Producto Interno Bruto Agrícola, 8 % de las exportaciones nacionales, 27 % de las exportaciones agropecuarias y 20 % de las exportaciones no petroleras.

2.2. ASPECTOS AGROTÉCNICOS DEL BANANO

Previo al establecimiento de la plantación de banano en el campo y como parte de la preparación del suelo se debe realizar trabajos de infraestructura con implementos que no alteren la estructura del mismo. Es recomendable el empleo de un bulldózer Caterpillar D-7 o D-8, provisto con cinceles de 1.2 m, con el cual se deben realizar dos pases a 90° a 0.8 m de profundidad; se finaliza con un pase de rastra, procurando quitar la huella del subsolador sobre la superficie del terreno.

Es primordial conocer el material vegetal que se establecerá en el campo, lo recomendable es adquirir plantas obtenidas en laboratorios de biotecnología (*in vitro*) meristemáticas, por ser la mejor opción para una plantación nueva por su alta eficacia genética, uniformidad y potencial de rendimiento. Luego de cumplido el tiempo de vivero pasa para la siembra definitiva en el campo. Para ello, se excava un hoyo de 0.4 m x 0.4 m x 0.4 m o de mayor dimensión por cada planta a sembrar y según el tamaño de la bolsa que se emplea en el vivero (Gonzabay 2017).

Una vez preparado el suelo, ya sea para una plantilla nueva o una renovación del cultivo, hay que precisar el sistema de siembra tales como en cuadro, triángulo, o doble surco. La densidad poblacional más beneficiosa está en un rango de 1 450 a 1 850 unidades de plantas por hectárea, en dependencia del sistema de siembra y del tipo de suelo donde se va a establecer la plantación (Agrocalidad 2014).

A continuación, se muestra la **Tabla 2** respecto a los sistemas de siembra de banano.

Tabla 2. Sistemas de siembra de banano

	Distancia en metros		Planta/ ha
Siembra en marco cuadrado	3.0	2.29	1450
	3.0	2.15	1550
	3.0	2.02	1650
Siembra en triángulo	2.82	2.82	1450
	2.73	2.73	1550
	2.64	2.64	1650

Fuente: Universidad de Magdalena (2017).

Potasio (K), nitrógeno (N) y fósforo (P) son nutrientes esenciales para un cultivo de banano; se ha verificado que aportes equilibrados de estos nutrientes en suelos pobres, se traducen en una rápida producción foliar y plantas vigorosas (Osundare *et al.* 2014).

En las condiciones de Misión Tacaaglé - Costa Rica, el mejor rendimiento agronómico (número de racimos cosechados, tamaños de racimos, y ratio) y consecuentemente la relación costo beneficio se obtuvo mayor utilidad, se obtuvo con el tratamiento donde se aplicaron la dosis de fertilización de 64 kg ha⁻¹ de nitrógeno puro, 0.0 kg ha⁻¹ y 46.2 Kg ha⁻¹ de potasio puro, dosis establecida en función a un análisis de suelo (Baridón *et al.* 2017).

Según las investigaciones realizadas en el ámbito de la nutrición mineral tanto por universidades y demás instituciones de investigación, se estima que una plantación de musáceas en el Ecuador, plátano o banano debe de fertilizarse con 380 a 420 kg de (N) por ha año⁻¹; 30 a 55 kg de (P); 550 a 650 kg de (K); 280 kg de (Ca); de 55 a 70 kg de (Mg); de 20 a 45 kg de (As); 15 kg de zinc, aplicados de manera edáfica y aplicados de manera mensual (MAGAP 2016).

El control de malas hierbas radica en eliminar las malezas que compiten con el cultivo de banano por agua, luz del sol y nutrientes. El control de arvenses es importante especialmente en los primeros meses después de la siembra, ya que cuando las plantas de banano son pequeñas no existe suficiente sombra. En plantaciones comerciales, sembrar un cultivo de cobertura (control cultural) puede reducir el uso de agrotóxicos como los herbicidas (ProMusa 2016).

En Colombia, el control de arvenses en plantaciones de banano se realiza esencialmente con la aspersión de herbicidas, cuyo empleo excesivo e indiscriminado ha provocado la contaminación de cuerpos hídricos superficiales y subsuperficiales, afectando la salud humana y la biodiversidad. Los herbicidas que se usan para combatir las arvenses son el glifosato y el paraquat en dosis recomendadas por el fabricante, debiéndose aumentar las cantidades para el control de las malezas más agresivas (Quintero y Carbonó 2016).

En términos de fertilización, las dosis y fuentes de fertilizantes dependerán de las exigencias nutricionales de la plantación y de los reportes de los análisis de suelo y foliar que previamente se hayan realizado. Se debe realizar un programa de fertilización que señale el

momento para aplicar determinados productos y así satisfacer las necesidades nutricionales de la planta, el mismo que debe ser documentado y registrado (AGROCALIDAD 2014).

En productores orgánicos de bananos Gran Cavendish, los ingresos obtenidos de la producción fueron modestos y como resultado, algunos productores no pudieron realizar prácticas de fertilización adecuadas por falta de rentabilidad. El 43 % de esos productores orgánicos aplicó solamente 21 % de fertilizantes que el banano necesita en el año (Bellamy 2013).

En plantas de meristemas, es recomendable que las aplicaciones de macro y micronutrientes sean de 26 ciclos al año de tal manera que, durante todo su ciclo la planta pueda asimilar sistémicamente los elementos necesarios para que pueda ser expresado todo su potencial de rendimiento (Flores 1995). Sin embargo, en el ámbito bananero existen tres limitantes que suelen impedir una adecuada fertilización: precio, estación climática y la idiosincrasia del agricultor.

La Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) es calificada como la infección foliar más destructiva y su control implica un elevado valor económico en los cultivos de bananos y sus daños pueden causar mermas con promedio de 50 % en el rendimiento (Orozco *et al.* 2008). Sin métodos de control, la Sigatoka negra puede causar la reducción de hasta en un 50 % el peso del racimo y ocasionar la pérdida total de las cosechas debido al detrimento en la calidad.

Desde 1987, la Sigatoka negra es la enfermedad fungosa que afecta severamente al sistema foliar de los bananos del grupo Cavendish y es ocasionada por el hongo ascomiceto *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, el cual está reportado como la principal limitante en términos de fitosanidad de este cultivo en la zona del Ecuador. Esta enfermedad compromete directamente el follaje, lugar donde las plantas realizan el proceso de la fotosintético, el cual afecta el peso de los racimos. También produce una precipitada maduración de la fruta, perturbando finalmente de manera sustancial su comercialización (Gonzabay 2017).

Álvarez *et al.* (2013), mencionan que de acuerdo a la escala de Fouré, los síntomas de la Sigatoka negra se pueden reconocer a través de seis estados:

- Estado 1: Puntos de coloración blanco-amarillento a marrón, de 0.001 m de longitud
- Estado 2: Estrías cloróticas de 0.003 – 0.004 m de longitud y 1 mm de ancho, de color marrón
- Estado 3: Las estrías se alargan y ensanchan aparentando haber sido pintadas con pincel y pueden llegar a medir hasta 0.02 mm de longitud
- Estado 4: Manchas de color café de forma ovaladas en el envés y color negro en el haz de las hojas
- Estado 5: Manchas negras a veces con un halo amarillento y el centro de la mancha suele ser seco
- Estado 6: Manchas con centro seco y hundido, de coloración marrón claro, con tejido clorótico.

Los productores son dependientes de altas frecuencias de aplicaciones de agrotóxicos como propiconazol y carbendazín en dosis de 0.75 y 1.0 l/ha en mezcla con aceite agrícola (Álvarez *et al.* 2013) como medida de fitosanidad para producir bananos de exportación, debido a la susceptibilidad de los sistemas agrícolas actuales, a la incidencia de plagas, enfermedades y el daño económico que estos organismos causan a las cosechas (Bellamy 2013).

El banano es una especie cuyo uso consuntivo va desde los 1 500 mm hasta 2 000 mm, según sean las características del suelo y las condiciones agroclimáticas. En Babahoyo, la distribución temporal de las precipitaciones es muy desigual; cerca del 90 % de las de precipitaciones se presentan entre enero y abril. Es por eso que, a pesar de tener promedio de lluvias anuales superiores a 2 000 mm, las precipitaciones efectivas son deficientes en relación a los totales anuales (Caicedo *et al.* 2015). La estacionalidad provoca que en los meses en que las precipitaciones tienen valores cercanos a cero, deba aplicarse láminas de riego promedios de 3.81 mm/día, mediante sistemas de riego por aspersión subfoliar.

Respecto al drenaje agrícola, el exceso de agua despoja a las raíces de oxígeno limitando así el intercambio gaseoso de las raíces, llegando incluso a asfixiarlas temporalmente, provocando un estrés que ocasiona daños irreversibles. El drenaje se diseña y se construye para asegurar que la cantidad de oxígeno y la actividad biológica del suelo sean los adecuados. En banano, el exceso de humedad puede facilitar el desarrollo de patógenos y

malezas. Por ejemplo, una parcela mal drenada será más susceptible a Sigatoka negra puesto que tendrá una humedad relativa alta y las plantas estarán estresadas (Villón 2007).

Ambas obras de infraestructura, riego y drenaje, son parte de la tecnificación que debería poseer una plantación de cultivo para agroexportación. Las inversiones que demandan estas superficies agrícolas no pueden estar a expensas de precipitaciones para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, o de la evacuación natural de las aguas en exceso, procedente de las lluvias (Sánchez 2014).

Según Gonzabay (2017) y Agrocalidad (2014), las labores de protección de la fruta son:

- Deshoje. Esta labor tiene como finalidad cortar total o parcialmente hojas viejas o afectadas por Sigatoka
- Enfunde. Se realiza al momento en que la flor del banano (bellota) brota desde el centro del pseudotallo para evitar el ingreso de insectos plaga a los frutos. Se realiza con fundas impregnadas con insecticida
- Apuntalamiento. Se realiza para impedir que la fruta se eche a perder ya que el peso de los racimos provoca el volcamiento de las plantas en producción
- Desvío de hijos. El objeto de esta labor es impedir que el crecimiento del hijo de sucesión cause problemas con el roce de sus hojas al racimo
- Desmane. Tiene el propósito de retirar las manos falsas. Dependiendo de la estación climática se pueden retirar una, dos y hasta tres manos verdaderas del racimo durante sus primeras etapas de desarrollo con la finalidad de obtener mejor progreso y mayor calidad en los frutos
- Destore. Consiste en la eliminación, a la tercera semana de edad del racimo, de lo que queda de la inflorescencia
- Desflore. Es la separación de las flores marchitas ubicadas en la punta de los frutos del racimo al que se le va a retirar las manos

2.3. SUSTENTABILIDAD

El primer concepto reconocido a nivel global fue creado por la ONU en el año 1987, el cual asocia al desarrollo con la sostenibilidad y la precisa así: *“aquel desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer las probabilidades de las futuras generaciones para atender sus necesidades propias”* (McKeown 2002).

Reyes (2012), menciona que la sostenibilidad es una filosofía, es un objetivo que debe alcanzarse de manera participativa por medio las acciones habituales colectivas y para eso no hay recetas. Construir el desarrollo, es aprender a aprovechar los recursos naturales de formas diferentes y convivir entre seres humanos y entre diversidad cultural; es decir, promover una educación para la sostenibilidad sistémica y respetuosa del equilibrio ambiental, sociocultural y económico.

Masera *et al.* (2000), indican que la sustentabilidad según el marco de evaluación MESMIS se establece a partir de cinco atributos generales de los sistemas de manejo:

- Productividad
- Estabilidad, confiabilidad y resiliencia
- Adaptabilidad
- Equidad
- Autodependencia (autogestión)

Sarandón y Flores (2009), mencionan que la sustentabilidad tiene una precisión compleja, porque trata de cumplir con algunos objetivos de forma participativa que implican dimensiones productivas, ecológicas o ambientales, sociales, culturales y económicas; estos establecieron un marco conceptual de sustentabilidad, el cual define la agricultura sustentable como aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agroecosistemas) que lo soportan.

2.4. AGRICULTURA SUSTENTABLE

FAO (2015), indica que la seguridad alimentaria en el mundo debe estar garantizada por la agricultura sustentable y, a la par, debe dar origen a ecosistemas saludables y procurar la gestión sostenible de los recursos naturales empleados en la agricultura. Para ser sustentable, la producción agropecuaria debe cubrir las necesidades de las generaciones presentes y las venideras, de sus productos y servicios y, paralelamente, se debe garantizar el beneficio económico, el bienestar ecológico y la igualdad social.

La agricultura sustentable es un modelo de agricultura que se diferencia de la convencional por la inocuidad ecológica y la conservación de los de la producción (suelo y agua), la utilización de recursos renovables locales y tecnologías convenientes y baratas, el uso de una baja carga de insumos externos y, por consiguiente, un alto grado de autosuficiencia de insumos y alimentos (HEGOA 2006).

Cuando se tratan temas de agricultura sostenible, es importante conocer que lo primordial es la adecuada gestión de los recursos naturales y humanos inherentes en la producción agraria. La administración responsable del recurso humano incluye el respeto de los compromisos sociales, como las situaciones de trabajo y de vida del empleado agrícola, las necesidades de las poblaciones rurales y la salud y seguridad del consumidor, tanto en la actualidad como en el futuro. La administración del campo y los recursos naturales implica la conservación o mejoras de esta base de recursos vitales para el presente y el futuro (Garnett *et al.* 2013).

Para que exista un sistema de producción agraria sustentable, deben definirse estrategias que conduzcan a lograr un equilibrio entre los aspectos productivos, económicos y sociales ya que, si se prioriza el desarrollo aislado de uno solo de ellos, es posible que las otras dos se vean afectadas y se tornen limitaciones (Muller y Bellows 1994).

Rosset (1998), señala que la prevalencia del discurso “verde” de la sustitución de insumos, reduce considerablemente el potencial de la agricultura sustentable para atacar de raíz las causas de la dificultades socioeconómica y ecológica que enfrenta la agricultura moderna. La estrategia de sustitución de insumos se basa únicamente en la exploración de insumos agrícolas alternativos, menos dañinos al medio ambiente, sin cuestionar ni la estructura de monocultivo ni la dependencia de insumos externos que definen a los sistemas agrícolas.

2.5. AGRICULTURA CONVENCIONAL

La agricultura convencional es un término muy amplio el cual tiene varias definiciones; sin embargo, clasificarse como convencional es indicar que utilizan productos químicos sintéticos para mantener las plantas. En este tipo de agricultura se requiere una cantidad significativa de insumos químicos y energéticos para producir el mayor rendimiento posible de cultivos.

Este método generalmente altera el entorno natural, deteriora la calidad del suelo y elimina la biodiversidad. La agricultura convencional se desarrolló para hacer que la agricultura sea más eficiente, pero logra esa eficiencia a un costo importante para el medio ambiente (Le Campion *et al.* 2020).

El propósito de la agricultura convencional es maximizar el rendimiento potencial de los cultivos. Esto se logra mediante la aplicación de productos químicos sintéticos, organismos genéticamente modificados y una serie de otros productos industriales. Al mantener un sistema convencional, la biodiversidad, la fertilidad del suelo y la salud de los ecosistemas se ven comprometidos, generando que la producción de estos cultivos beneficie más que a la seguridad alimentaria y la economía de los productores, pero afectando gravemente los recursos suelos, aguas y el medio ambiente en general (Huntley 1997).

En un sistema convencional, los agricultores asignan campos enteros a un solo cultivo, creando uniformidad. La uniformidad puede determinar tanto el éxito como el fracaso de los sistemas convencionales. Un cultivo uniforme es ideal porque reduce los costos laborales y facilita la cosecha, pero también puede afectar la biodiversidad y hacer que los cultivos sean susceptibles a una gran diversidad de plagas. Los productos químicos y los organismos genéticamente modificados hacen que el mantenimiento de los sistemas convencionales sea relativamente sencillo para los agricultores, pero requieren un aporte constante de energía fósil y dinero.

En un sistema convencional, los agricultores pueden aplicar agrotóxicos a los cultivos a un ritmo mucho más eficiente si se componen de un solo tipo de planta, pero esto tiene una serie de consecuencias no deseadas. Dado que el objetivo de la agricultura convencional es maximizar los rendimientos, la salud ambiental y la biodiversidad generalmente no se preservan (Gabriel *et al.* 2013).

Se han difundido diversos resultados sobre los beneficios que se logran con la incorporación los agrotóxicos en la agricultura convencional. Lo difícil de ocultar en los resultados son las nefastas secuelas que este modelo de producción agropecuaria está provocando tales como la contaminación de las fuentes aguas, la pérdida de la capacidad de la tierra para producir cultivos, el acelerado incremento de la deforestación y la migración de comunidades rurales hacia zonas urbanas, debido al uso excesivo y permanente de grandes cantidades de

pesticidas agrícolas, fertilizantes artificiales, material vegetal transgénico y combustibles fósiles. Constantemente el modelo de exportación agrícola necesita ampliar su superficie, con el único propósito de conseguir provecho en menor tiempo posible (Ortega 2009).

Una apropiada concientización de la problemática de la producción agrícola convencional, sus orígenes y la necesidad de incorporar las prácticas agroecológicas, con una visión holística, logrará salvaguardar una producción de cosechas económicamente viable, ambientalmente adecuada, y socialmente justa para las generaciones actuales y las venideras (Sarandón y Flores 2014).

2.6. SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Donde la agricultura convencional representa un extremo de la producción agropecuaria, la agricultura sustentable representa el otro. La agricultura orgánica es un sistema de producción que sustenta la salud de los suelos, los ecosistemas y las personas. Se basa en procesos ecológicos, biodiversidad y ciclos adaptados a las condiciones locales, más que en el uso de insumos con efectos adversos. La agricultura sustentable combina aspectos sociales económicos y ecológicos que se deben entender como innovación, desarrollo y ciencia para mejorar los sistemas de producción (Gomiero *et al.* 2011). La agricultura sustentable posee un enfoque más holístico en comparación con la agricultura convencional, ya por ejemplo se persigue que la dimensión social, económica y ecológica se articulen. La agricultura sustentable es una forma innovadora de producir alimentos y tiene una serie de beneficios sociales, económicos y ecológicos.

La agricultura sustentable promueve grandes beneficios a los agricultores, a las economías y a los bancos de alimentos, así como contribuye de modo simbiótico con los paisajes. Asimismo, este es uno de tantos ejemplos en prácticas agrícolas sustentables que enfatiza los beneficios económicos y la salud ambiental y las prácticas de conservación al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y la capacidad de retención de humedad. Se puede duplicar el rendimiento de los cultivos de subsistencia en áreas donde el uso de fertilizantes sintéticos no es rentable. La agricultura de conservación tributa en el enfoque de la agricultura sustentable en el sentido de que se centra en alcanzar rendimientos sin comprometer la integridad del medio ambiente (Kassam & Brammer 2013).

Sarandón y Flores (2014), mencionan que entender el funcionamiento de un sistema de producción agraria (finca) es primordial para establecer si se están logrando los objetivos de la sustentabilidad y comprender los problemas que muestra el diseño y manejo seleccionado. Cualquier sistema de producción agraria no es más que un arreglo (diseño) de distribución espacio temporal de una serie de unidades vegetales y animales con un propósito.

El uso de prácticas participativas resulta tienen una mayor disposición por parte de los productores de banano, las mismas que se probaron en las fincas, ya que las experiencias compartidas les brindo mayor confianza en la integración de prácticas de manejo. Se evaluaron nuevas prácticas de especialistas para determinar cómo encajarían en los sistemas agrícolas existentes de banano y este proceso creó un entorno de apoyo entre los productores para probar labores agrícolas alternativas (Bagshaw & Lindsay 2009).

Los mismos autores sostienen que los problemas muchas veces se presentan porque el arreglo no es apropiado para el propósito que se persigue. La perspectiva de sistemas es un instrumento apropiado para comprender esto, ya que permite componer un paradigma simplificado de la realidad, para conocer el funcionamiento.

Talikder *et al.* (2016), plantearon algunos indicadores y entre esos consideraron productividad, eficiencia, estabilidad, durabilidad, compatibilidad y equidad relacionadas con la agricultura costera. Con esa estructura, el sistema de producción agraria más sostenible entre los demás sistemas de producción evaluados, fue en granjas con producción agropecuaria (crianza de animales y producción de cultivos), no solo para la venta en mercados, sino también para autosuficiencia, es decir garantizando seguridad alimentaria.

Dillon *et al.* (2016), desarrollaron una serie de indicadores de sostenibilidad a nivel de agroecosistemas, considerando en todo momento la naturaleza multifacética de la sostenibilidad mencionada por varios autores, es decir, teniendo en cuenta las tres dimensiones de la sostenibilidad: ecológico, económico y social cultural.

La adaptación de indicadores en estudios de evaluación de sustentabilidad, permite construir gráficos de ameba, a partir de la valoración de indicadores que reflejen la realidad de las fincas de una misma zona, facilitando los procesos de planificación y los planes de acción que conlleven a la sustentabilidad de los sistemas de producción agropecuaria.

En la producción de cultivos prevalentes, son pocos los predios donde se puede garantizar la seguridad alimentaria ya que es necesario un mínimo de diversificación de productos agropecuarios que garanticen la alimentación de la familia. En la mayoría de los predios donde se practica agricultura convencional, una de las aristas a mejorar es la gran necesidad de insumos externos, debido al uso de agrotóxicos en momentos en que se presentan los insectos plagas y las enfermedades fungosas de fácil propagación. Los insumos externos también incluyen la compra de alimentos no cultivados en la finca (Calderón y Flórez 2015).

Los resultados de la tipificación de sistemas de producción agraria hacen necesario implementar un diseño con enfoque agroecológico que permita incrementar la productividad de los sistemas de producción prevalentes evaluados y su sustentabilidad. Esto coadyuvará a optimizar la calidad de vida de los productores agrícolas que se ve amenazada por la dependencia económica de un solo producto agrícola, con elevados costos de producción y dependiente de la inestabilidad de los precios internacionales (Machado *et al.* 2015).

Miranda (2009), planteó un enfoque operativo para comparar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícolas; él indica que la sostenibilidad se basa en la suposición de que debe existir equilibrio entre lo social, lo económico y lo ecológico. Señala también que, puesto que la sustentabilidad no puede medirse directamente, el procedimiento adecuado es el uso de indicadores y el empleo de análisis multicriterio ya que los resultados de estos análisis resultan útiles debido a su capacidad de reducción de la dimensionalidad del problema. Sin importar el número de indicadores o de subindicadores, este sería el camino que deberían considerar los investigadores de las ciencias agrarias, dedicados a evaluar la sostenibilidad de los sistemas de las fincas.

Los indicadores de sustentabilidad son un eje fundamental en el desarrollo sustentable ya que dan paso a la supervisión de la sustentabilidad y el desarrollo de propuestas y hasta de políticas, con el objetivo de considerar de manera integrada los elementos que la conforman: los aspectos sociales y económicos y el medio ambiente. Asimismo, constituyen herramientas fundamentales en la propagación de la información técnica y científica y pueden promover la trascendencia de esa información al público objetivo, y así transformar la información en acción, y en el diseño de estrategias para el planeamiento y la creación de políticas nacionales, para dar seguimiento a los planes de acción que se hayan proyectado, para promover la sustentabilidad (Bolívar 2011).

2.7. DISEÑO DE PLAN DE ACCIÓN

La falta de diversificación de la producción dentro de las fincas de banano, la escasa superficie en las fincas destinadas para el autoconsumo del productor, el bajo rendimiento generalizado dentro de las fincas, la dependencia de un solo canal para la comercialización, los numerosos intervalos para la aplicación de agrotóxicos, la ausencia de prácticas agrícolas sustentables dentro de la finca y la reducida cantidad de materia orgánica incorporada en el suelo de las fincas son una limitante considerable para que la producción de banano en la localidad de Babahoyo sea sustentable por tal motivo es necesario proponer un plan de acción que potencialice la sustentabilidad (Caicedo *et al.* 2019).

Teóricamente, un plan de acción debe ejecutarse dentro del primer semestre o posterior a ello, sin que exceda el primer año y tras el inicio de una agrupación colectiva. Se ejecuta luego de haber establecido la visión, misión, propósitos y planificaciones del grupo organizado. Si se despliega un plan de acción cuando se está listo para empezar a conseguir hechos, se obtendrá un anteproyecto para poner en marcha su organización o iniciativa.

No obstante, se debe recordar que un plan de acción es siempre un trabajo en perfeccionamiento. No es algo que se pueda escribir, concluirlo y depositarlo dentro de un folder y dar por olvidado el tema. Es primordial tenerlo visible en todo instante; es decir, mostrarlo visiblemente. A medida que la agrupación cambie y crezca, se querrá perennemente (una vez por mes) examinar el plan de acción para efectuar modificaciones beneficiosas y necesarias en el grupo y la colectividad, Además, el plan de acción para su iniciativa debe ser completo, claro y actualizado (Universidad de Kansas 2018).

El plan de acción es una labor que debe ser realizada en equipo, por ello es transcendental reunir a todos los empleados comunitarios y a los integrantes de la comunidad y establecer el grupo denominando “Comité de Planificación” grupo que también puede ser denominado de cualquier otra manera. El plan requiere de los siguientes componentes:

- a. El objetivo
- b. La meta
- c. El tiempo
- d. La localidad
- e. Actores y estrategias
- f. Evolución y seguimiento

Los planes de acción solo se materializan cuando se generan los objetivos y se ha escogido la metodología a seguir. Las primordiales dificultades e impedimentos de los planes se hacen presentes en el delineamiento de los detalles específicos (Ministerio de Salud y Protección Social 2018).

El plan de acción debe ser concreto y actualizado, también el plan debe contener documentación e ideas que se hayan forjado durante la tormenta de ideas respecto de las finalidades y las estrategias. Los pasos que se deben ejecutar para llevar a feliz término los objetivos, ayudarán a establecer las acciones concretas que se ejecutarán para ayudar a diseñar una visión real de lo que se desea abordar (Universidad de Kansas 2018).

En la zona tropical de Australia, se realizan muchas de prácticas sustentables en sistemas de producción de banano, las cuales fueron adoptadas durante un proceso de ejecución de planes de acción donde, primero se reconoció lo que ya estaban haciendo dentro de los agroecosistemas de banano, para posteriormente mejorar unas prácticas e identificar otras que son benéficas desde una perspectiva sustentable (Bagshaw & Lindsay 2009).

En el mismo estudio se pudo detectar que el monitoreo de las condiciones ambientales era algo de poco interés por muchas razones: no era una prioridad comercial y requería mucho tiempo; los cambios ambientales pueden tardar mucho en manifestarse; los impactos a menudo están lejos de la finca; y las habilidades y el equipo de monitoreo eran limitantes. Algunas herramientas simples, como clavijas de erosión para medir la erosión en la finca y tubos de turbidez para medir la calidad del agua de escorrentía, se ofrecieron para uso de los agricultores, pero no se utilizaron.

El mismo autor manifiesta que cada productor tenía diferentes problemas ambientales en su finca, diferentes prácticas y procesos para mejorar o implementar, diferentes recursos financieros y sociales y diferentes prioridades comerciales o personales que influyeron en lo que decidieron incluir en sus planes de mejora ambiental. Por lo tanto, en algún momento necesitaron apoyo técnico individual. La implementación de nuevas prácticas o el cambio a prácticas mejoradas tendió a ser incremental con el tiempo, ya que probaron y evaluaron la práctica de acuerdo con su tiempo y recursos. Valoraron el soporte técnico continuo a lo largo de todas las etapas de su proceso de mejora continua. Por esta razón, las intervenciones puntuales tuvieron poco impacto.

2.8. VALIDACIÓN DE PRONÓSTICOS EN INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Como parte del diseño de numerosas investigaciones, es necesario realizar consultas a personas que participan en calidad de expertos. Sin embargo, convertir el conglomerado de conocimientos que poseen los mencionados expertos o especialistas en información científica, necesita de la aplicación controlada de un método para la obtención de la información, ese método es el Delphi (García y Suárez 2013).

Linstone *et al.* (2002), sostienen que el método Delphi es aplicable, al existir un valioso acervo intelectual acumulado en cada uno de los versados especialistas. En general, el aporte del compendio teórico-práctico de los expertos, es una demanda para el desarrollo de cada área de la ciencia y, en ciertos momentos, es una imperiosa necesidad para el investigador que requiere sustentarse en las habilidades de los expertos o peritos.

Delphi es un método de investigación cualitativa que, al publicar resultados de investigaciones, demanda estudios que lo empleen y que se describa de manera explícita los detalles de sus fases, que son:

1. Fase de preparación. Se selecciona a los especialistas, se realiza la preparación del instrumento y se decide el medio de consulta
2. Fase de consulta. Se realizan las rondas de consultas, se ejecutan las operaciones estadísticas de manera sucesiva y la retroalimentación
3. Fase de consenso. Se construye el consenso y se reporta el resultado.

Desde hace más de cinco décadas el método Delphi ha sido objeto de múltiples aplicaciones en todo el mundo y sigue siendo empleado por investigadores que analizan problemas complejos (Astigarraga 2008).

El citado método fue desarrollado inicialmente como un método prospectivo, con el propósito de utilizar la experticia para predecir cómo se comportaría un evento en el futuro; consecutivamente fue acogido en estudios de corte transversal. Este último objetivo es quizás el más explotado actualmente para definir o delimitar situaciones complejas, cuando se obstaculiza acceder directamente a éstas, para su posterior descripción. En cualquiera de los casos, este método diferencia y ajusta opiniones y argumentos particulares mencionados por expertos y permite la toma de decisiones, que no se deben tomar unilateralmente por los investigadores (García y Suárez 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DATOS DE LA ZONA

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en el cantón Babahoyo, constituido por cuatro parroquias urbanas y cuatro parroquias rurales. De éstas, se eligió la parroquia rural La Unión la cual se encuentra ubicada en el extremo noreste de Babahoyo. La parroquia La Unión tiene una superficie de 186,73 km², limita con el cantón Caluma de la provincia de Bolívar (Figura 1).

La Unión se ubica a 01° 47' 02.5'' latitud sur y 79° 28' 00.9'' de longitud oeste; con una altitud de 9 msnm, la temperatura media anual es de 25.5° C. La precipitación anual es de 2 100 mm, presenta 820 horas de luz efectiva (heliofanía) y humedad relativa de 80 %.



Figura 1. Ubicación del cantón Babahoyo, Ecuador

La zona de Babahoyo cuenta con un clima cálido lluvioso y con una temperatura que varía de 22 °C a 31 °C durante el año, rara vez desciende a menos de 20 °C o sube a más de 34 °C. Asimismo, los meses con las precipitaciones más grandes se presentan de enero a marzo, llegando a alcanzar 1 162 milímetros de precipitación en promedio. La época de seca comprende los meses de junio a diciembre (INAMHI 2020).

La zona cuenta con el río principal Babahoyo, que recibe aguas de sus afluentes: Caracol, Pueblo Viejo, San Pablo, Yaguachi, Vinces y Zapotal. La mayor parte del terreno es llano y no muestra mayores accidentes geográficos.

3.2. MATERIALES

- Cámara fotográfica
- Encuestas
- GPS manual
- Programa estadístico SPSS
- Computadora
- Materiales de oficina
- Tableros
- Bolígrafos
- *Pen drive*
- Impresora
- Teléfono celular
- Transporte

Para la caracterización de las fincas de banano se procedió, según las siguientes etapas de la metodología de Sarandón (2002) y Sarandón *et al.* (2006), con los ajustes propios fundamentados en los sistemas de producción en estudio: selección de los productores participantes delimitación de las dimensiones y los atributos de análisis, definición de los indicadores a evaluar, toma de datos, unificación de los resultados y finalmente la identificación de los puntos críticos.

3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación fue de tipo aplicada, descriptiva, explicativa y analítica considerando los objetivos propuestos.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. Caracterización de los sistemas de producción de banano de la zona de Babahoyo

Se realizaron visitas a las fincas que conforman la muestra, las cuales fueron posteriormente caracterizadas. Tomando en cuenta una población de 193 fincas que compone la zona de Babahoyo, el tamaño de la muestra quedó definido en 65 fincas, resultado que se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{\frac{4PQ}{d^2}}{\frac{\frac{4PQ}{d^2} - 1}{N} + 1}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Población objeto

P = Proporción de la población que cumple una condición (0.5)

Q = (1-P), proporción de la población que no cumple la condición (0.5)

d = % de error (0.10).

Para obtener información de los agroecosistemas de banano, se encuestó a los encargados de las fincas. La encuesta consideró preguntas de aspecto económica, ambiental y social.

La caracterización se realizó mediante un análisis multivariado, específicamente de conglomerados por el Método de Ward con una distancia Euclídea cuadrada de 90.

Antes de realizar la aplicación de la encuesta a los productores, se les impartió una charla explicativa para expresar cual es era el fin de la investigación, indicándoles que ellos formarían parte del trabajo que se realizaría.

3.4.2. Determinación de los índices de sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo

Para la evaluación se trabajó con los indicadores y subindicadores planteados por Sarandón *et al.* (2006), los cuales estuvieron sujetos a modificaciones en su conformación y ponderación, con el propósito de ajustarse a las condiciones de los sistemas de producción objeto de estudio.

- **Definición de los indicadores para cada una de las dimensiones a evaluar**

Las dimensiones que se evaluaron fueron económica, ambiental y social, y para cada una de ellas, se escogieron varios atributos, teniendo como base los atributos considerados por Sarandón *et al.* (2006), los mismos que estuvieron sujetos a ajustes para las condiciones de la investigación realizada. Además, los indicadores evaluaron la complacencia del agricultor, su condición de vida, su grado de dependencia, la magnitud de integración social y su grado de conciencia y conocimiento ecológico.

- **Estandarización y ponderación de los indicadores**

Para permitir el contraste de los agroecosistemas y simplificar el análisis de las dimensiones y sus múltiples indicadores y subindicadores de la sustentabilidad, cada indicador fue sometido a un proceso de estandarización, por medio de su transformación a una escala, para cada indicador, de cero a cuatro, siendo cuatro el mayor valor de sustentabilidad y cero el más bajo.

3.4.3. Formulación de un plan de acción que contribuya a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano en Babahoyo

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental; es decir, no se manipularon deliberadamente las variables y se basó en la observación de los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para ser analizados después (Sampieri 2003).

Asimismo, considerando el tiempo en que se recolectaron los datos, se consideró el diseño Transversal con un alcance descriptivo, ya que los datos fueron recolectados en un solo momento y en un único tiempo con la finalidad de describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (Sampieri 2003).

- **Métodos usados**

Para la realización del trabajo de investigación se efectuó un levantamiento de información en la zona de estudio, mediante entrevistas tanto individuales como colectivas. Se realizó un muestreo intencionado, dirigido a tres grupos de informantes clave:

1. Con conocimientos técnicos y de la política agraria, estuvo integrado por cinco especialistas del departamento técnico de banano del Ministerio de Agricultura
2. Con conocimientos académicos del problema de investigación, estuvo integrado por seis docentes de la Universidad Técnica de Babahoyo
3. Con conocimientos prácticos acerca del objeto de estudio, estuvo integrado por 11 productores de banano.

3.5. VALIDACIÓN DE INDICADORES Y SUBINDICADORES

Para validar los indicadores y sub indicadores que determinaron la sustentabilidad y validación de la formulación del plan de acción que contribuya a la sustentabilidad de los agroecosistemas de banano en Babahoyo, se determinó la competencia de 32 expertos. Para el procesamiento de sus criterios y opiniones, se aplicó el método Delphi; posteriormente, para comprobar el grado de coincidencia de las valoraciones realizadas por los expertos, se utilizó el coeficiente de concordancia de Kendall y el alfa de Cronbach.

El estadígrafo denominado coeficiente de Kendall, nos permite establecer si las variables a trabajar pueden considerarse como dependientes estadísticamente. El valor mínimo asumido por el coeficiente es cero y el máximo uno; no obstante, siempre se debe revisar la calificación dada a cada ítem, ya que puede existir una alta correspondencia en los aspectos, un ejemplo, sería que el ítem no sea el apropiado. Irrecusablemente, en este caso se debe excluir o modificar por completo, hasta que ajuste a los objetivos de la medición de manera adecuada (Escobar y Cuervo 2008).

Asimismo, debe mencionarse que no basta con saber si el coeficiente de Kendall está más próximo a 0 o 1, sino que además se debe conocer si en términos estadísticos el coeficiente es significativamente diferente de 0 para desestimar la hipótesis de concordancia casual. Este análisis sería en principio, una prueba de hipótesis (EcuRed 2018).

A continuación, se muestra el modelo matemático utilizado:

$$w = \frac{S}{\frac{1}{2} K^2 (N^3 - N) - K \sum Li}$$

Donde:

w = coeficiente de concordancia de Kendall

S = suma de los cuadrados de las diferencias observadas con respecto a un promedio

N = Tamaño de la muestra en función del número de triplete, tetraplete, quintuplete, etc.

K = número de variables incluidas

Li = sumatoria de los empates entre los rangos

El diseño del plan de acción fue sometido a evaluación por un grupo de expertos empleando el método Delphi. La selección de los expertos se realizó por medio de una encuesta, donde ellos mismos se autoevaluaron. Finalmente, se clasificó la validez de las acciones propuestas, sobre la base de la opinión de los expertos.

El coeficiente de Kendall se utiliza cuando se desea establecer el nivel de coincidencia entre diversos expertos, o la agrupación entre tres o más variables; es decir que, es un método de predicción que ofrece una ecuación para la ordenación de jueces de conforme a un acuerdo, cuando no hay un orden objetivo de los jueces.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BANANO DE LA ZONA DE BABAHOYO

El análisis de conglomerado por el método de Ward y con una distancia euclidiana cuadrada de 90 (**Figura 2**), agrupa los agroecosistemas en ocho grupos. Uno de los grupos estuvo conformado por las fincas 4, 11, 16, 27 y 53; las cuales comparten un común denominador con casi todas las demás y es que pertenecen a medianos productores según el MAGAP (2016). Otra característica que comparten es que carecen de contrato para la venta de sus cosechas, lo que conduce a vender la fruta a intermediarios que no pagan el precio oficial de la caja (\$ 6,50).

A partir de la aplicación de la estadística descriptiva, los resultados muestran que las personas responsables de la finca son en su totalidad hombres, coincidiendo con lo reportado por Valarezo *et al.* (2020). Asimismo, se muestran que un 57 % de los propietarios se encuentran entre los 45 a 60 años, siendo el 43 % mayores a 60 años. El nivel de instrucción de los productores de banano es universitario (**Figura 3**).

La **Figura 4**, muestra que el ingreso mensual de los bananeros de Babahoyo es de $\leq 20\ 000$ (4 %), entre 20 000 a 28 000 (92 %) y superior a 28 000 (4 %). Los ingresos están bien definidos según la superficie sembrada.

Este nivel de ingresos es aceptable, puesto que el costo de producción de la caja de banano está en el orden del 75 % del precio oficial de la caja. El transporte no es problema tanto para los productores como para sus trabajadores agrícolas, ya que los primeros cuentan con camionetas propias y los segundos cuentan con motocicletas.

Los bananeros de esta localidad ecuatoriana usan diversos medios de comunicación e información tales como la televisión, folletos, celular, radio, diarios, etc.

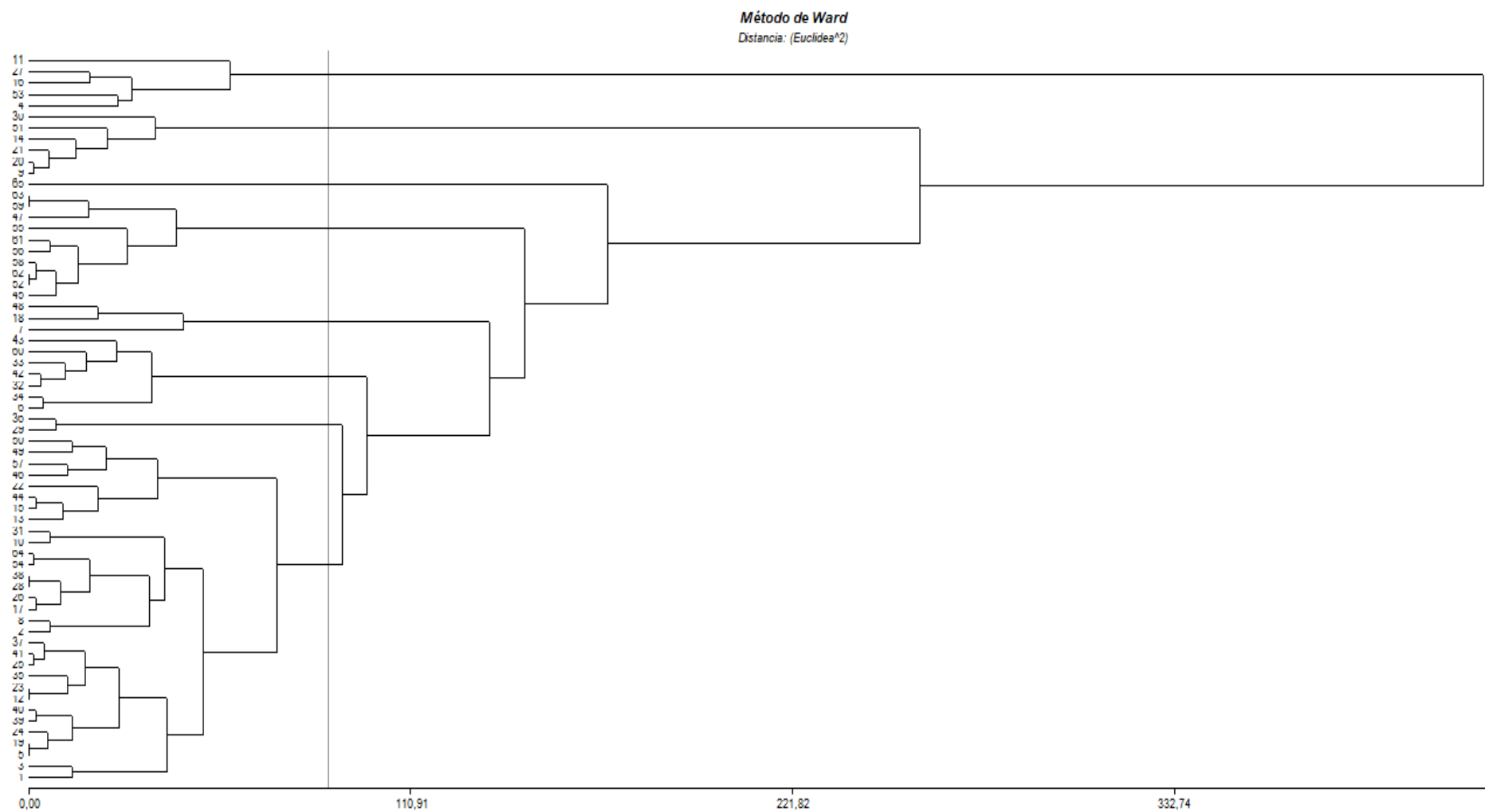


Figura 2. Dendrograma del análisis de conglomerado o clúster, con el método de Ward (distancia de corte de 90).

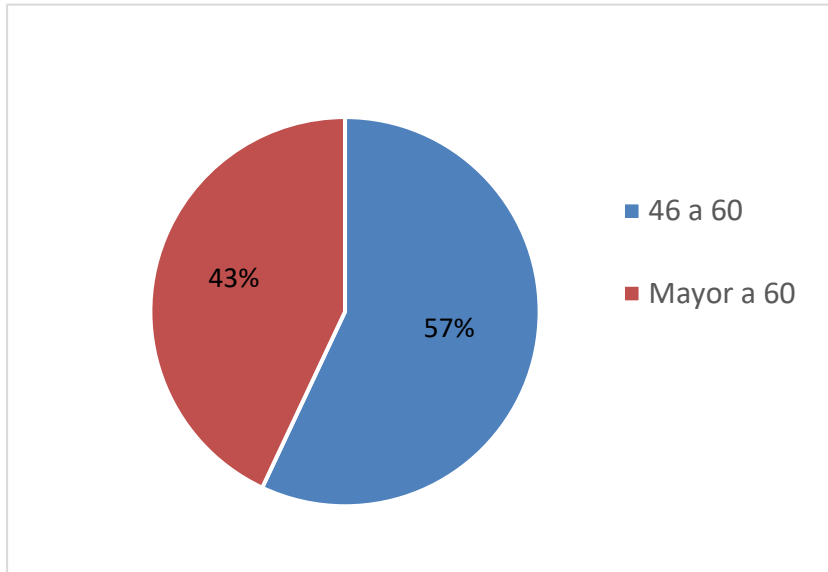


Figura 3. Responsables de la finca según grupo etario

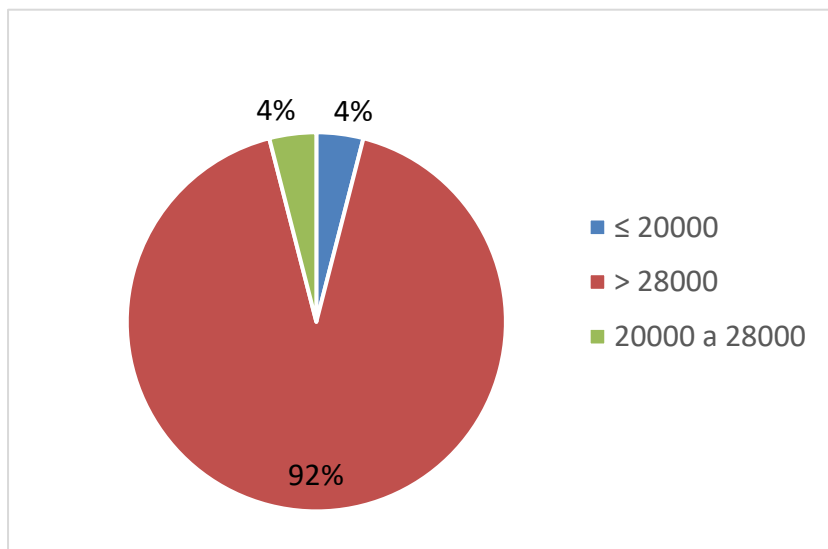


Figura 4. Ingresos económicos mensuales de los bananeros

La **Figura 5**, presenta el tipo de vivienda construida en la finca de los productores entrevistados es de cemento casi en su totalidad (95 %), seguida de las casas de construcción mixta (5 %), estos porcentajes tienen mucha concordancia con lo reportado los resultados de Collantes *et al.* (2017).

Los servicios básicos en la finca bananera son limitados, si consideramos que el 100% de los encuestados cuenta únicamente con energía eléctrica y agua de pozo. No considera otros servicios indispensables tales como agua potable y alcantarillado.

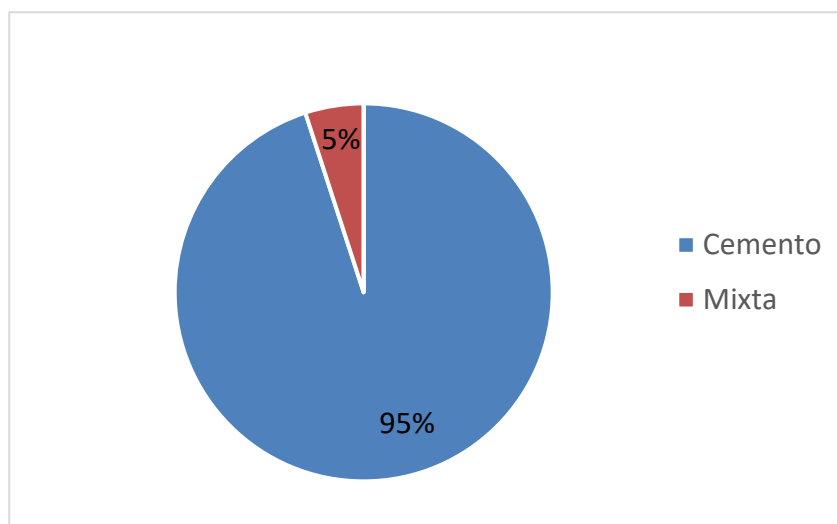


Figura 5. Tipo de vivienda de los productores

La **Figura 6**, muestra el tipo de banano que se cultiva en la zona de estudio, donde el 69 % corresponde al tipo Cavendish, el 18 % cultiva el tipo Williams y finalmente, un 15 % cultiva el tipo *Grand Nain* (PRO ECUADOR 2013; INEC 2011).

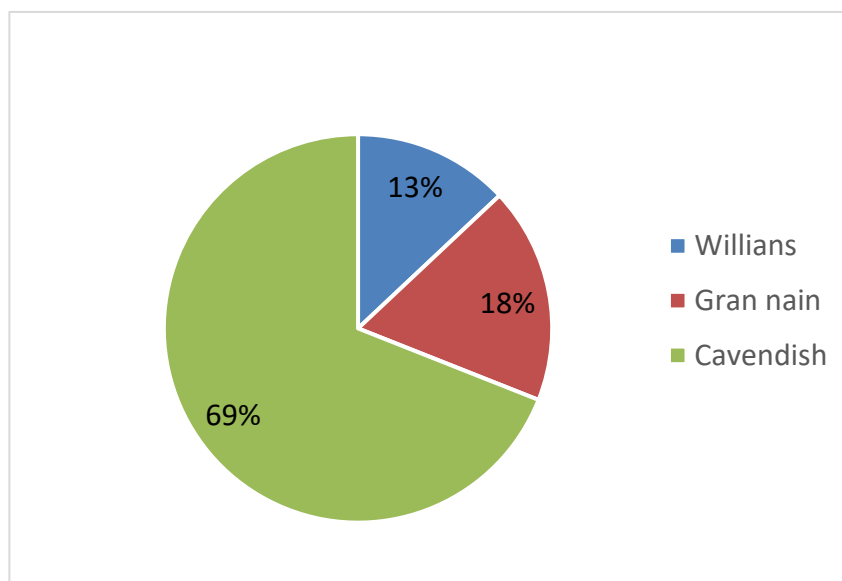


Figura 6. Cultivo de banano según tipo

En cuanto al nivel tecnológico, el 15 % de los productores no cuenta con una infraestructura agrícola adecuada debido a que carecen de una red completa de canales de drenaje, así como de balanzas electrónicas en las plantas empacadoras, las cuales sirven para pesar los racimos cosechados y posteriormente estimar las mermas; el 85 % cuentan con una infraestructura agrícola apropiada y con empacadoras automatizadas (**Figura 7**).

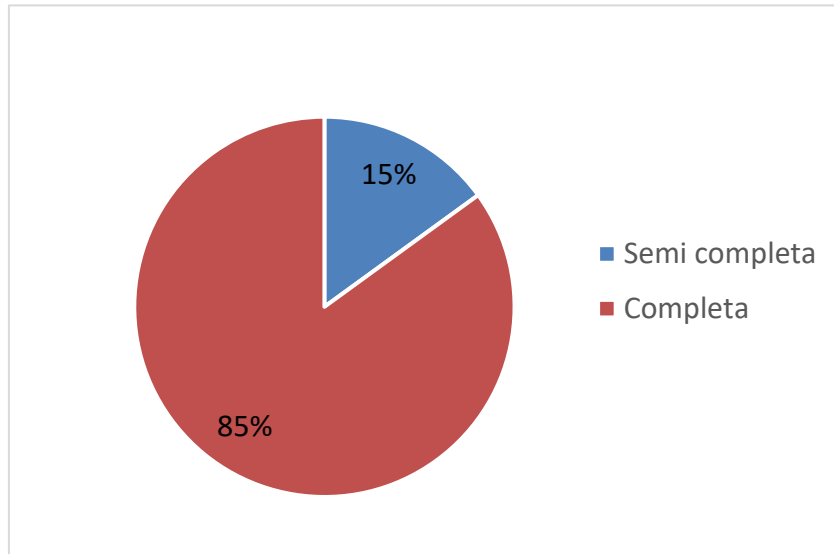


Figura 7. Nivel tecnológico

Los productores de banano manifiestan que realizan control de plagas tales como malezas, hongos, nematodos e insectos. El 100 % de los encuestados realizan estas labores, siendo la de mayor coste, la de control de la enfermedad denominada Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* var Morelet).

De igual manera, el 38 % de los productores realizan la práctica de fertilización edáfica semanalmente, mientras que el 62 % lo realiza con frecuencia quincenal (**Figura 8**).

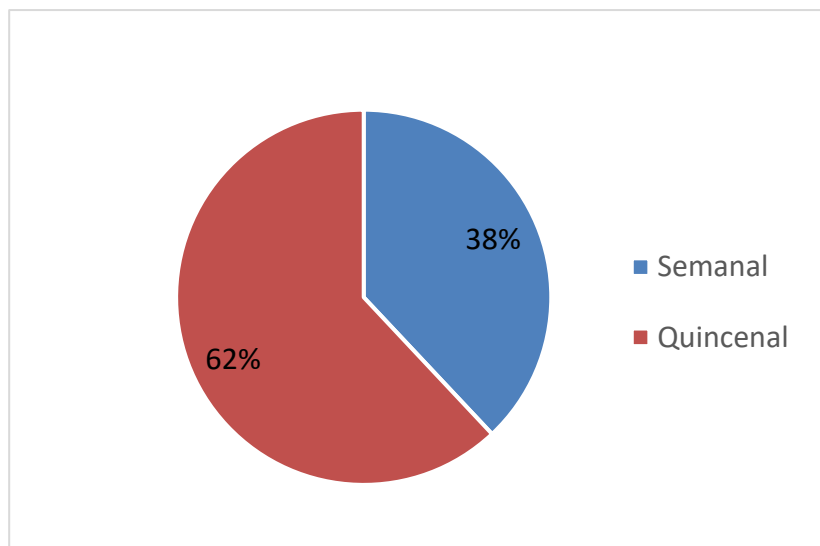


Figura 8. Frecuencia de fertilización edáfica

El rendimiento del banano está ubicado en un rango de 1 600 a 2 000 cajas/ ha/ año, siendo el rendimiento promedio 1 860 cajas de 19,5 kg.

Un alto porcentaje de productores bananeros cuentan con contrato para la venta. Es por ello, que un 92 % de los productores perciben el precio oficial por cada caja empacada, mientras que un 8 %, al carecer de contrato para la venta de la fruta, reciben valores por debajo del precio de sustentación (**Figura 9**).

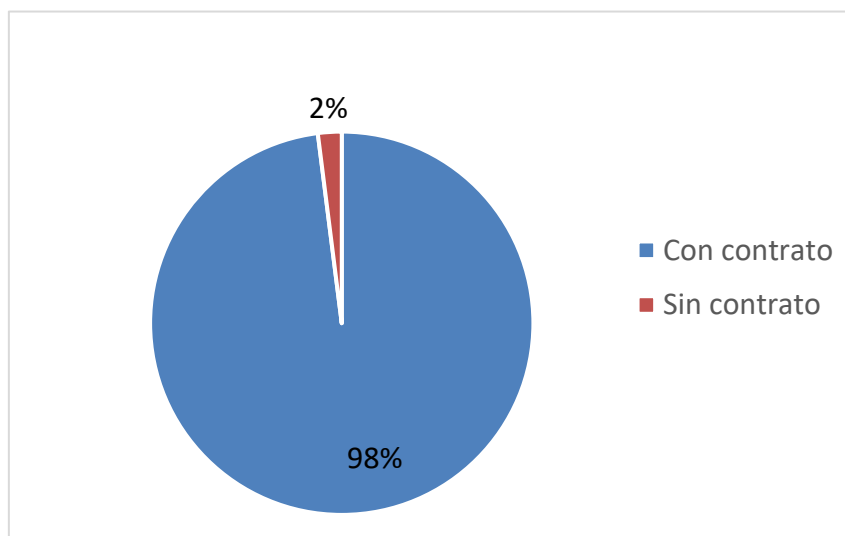


Figura 9. Formalización de venta de la cosecha

Es importante señalar que los bananeros de Babahoyo trabajan exclusivamente con banano, no existen otros cultivos en las fincas bananeras, es decir que el 100% de los sistemas de producción tienen monocultivo; los mismos entrevistados dijeron tener título de propiedad de la finca; como fuente de agua pozos profundos; sistemas de riego por aspersión. Asimismo, respondieron que recibían capacitaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Como se observa en la **Tabla 3**, se seleccionaron las principales variables por las que se agrupan los cada uno de los ocho *clusters* analizados, existen varias aristas que homogenizan y heterogenizan a los sistemas de producción de banano en la zona de estudio, esto no coincide con la estructura productiva establecida por el Ministerio de Agricultura Ganadería Pesca y Acuicultura (2013) puesto que esta cartera de estado como institución rectora de la política agraria en el Ecuador, reconoce a tres tipo de productores según sea la superficie de tierra cultivada con banano que posean y los clasifica en Pequeño, Mediano y Grande.

Tabla 3. Otras variables que agrupan a las fincas según la estructura productiva de banano en Ecuador

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5	Cluster 6	Cluster 7	Cluster 8
Residencia	Guayaquil	Babahoyo	Guayaquil	Guayaquil	Finca	Guayaquil	Finca	Babahoyo
Personal técnico	Ing. Agr.	Ing. Agr. y otros	Ing. Agr. y otros	Ing. Agr.	No	Ing. Agr. y otros	No	Ing. Agr.
De quien recibe capacitación	MAG	MAG	MAG y ONG	MAG	No	MAG y ONG	No	MAG
Tamaño de la finca	30 a 100 ha	30 a 100 ha	≥ 100 ha	30 a 100 ha	≤ 30 ha	30 a 100 ha	≤ 30 ha	30 a 100 ha
Procedencia del material vegetal	Meristemático de laboratorio certificado	Meristemático de laboratorio no certificado	Meristemático de laboratorio certificado	Meristemático de laboratorio no certificado	Meristemático de laboratorio no certificado	Meristemático de laboratorio certificado	Vivero propagación con cormo	Meristemático de laboratorio no certificado
Rendimiento cajas/ año	Entre 2000 y 3000 cajas	Hasta 2000 cajas	Entre 3000 y 4000 cajas	Entre 2000 y 3000 cajas	Hasta 2000 cajas	Entre 2000 y 3000 cajas	Hasta 2000 cajas	Hasta 2000 cajas
Venta de la cosecha	Un Contrato y precio spot	Un contrato	Hasta 3 contratos	Un Contrato y precio spot	Precio spot	Un Contrato y precio spot	Precio spot	Un Contrato y precio spot

4.2. DETERMINACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BANANO EN BABAHOYO

En la valoración de la sustentabilidad a cada una de las variables se le otorgó un dominio de valores, que subsiguientemente se estandarizaron en una escala de 0 a 4; siendo 4 el máximo valor de sustentabilidad y 0 el valor mínimo (Sarandón *et al.* 2006).

En las **Tablas 4, 5 y 6**, se puede apreciar la manera en que se manejó cada variable estudiada.

Para establecer el contexto de los indicadores y al margen de las unidades cuantificadas inicialmente, los valores de cada indicador se enunciaron en escala (Sarandón y Flores 2009), Luego se definieron ponderaciones de según el grado de relevancia (Sarandón *et al.* 2006). La magnitud de cada uno de los indicadores expresa la preponderancia del mismo en la sustentabilidad de los agroecosistemas de banano, algo que coincide con lo manifestado por Molfese *et al.* (2017) al precisar índices para la evaluación de la calidad de programas de mejoramiento de trigo en Argentina.

Tabla 4. Dominio de valores para los subindicadores de la Dimensión Económica.

Subindicadores	4	3	2	1	0
A1. Diversificación de la producción	Más de cuatro productos	Cuatro Productos	Tres Productos	Dos Productos	Un producto
A2. Porcentaje del área Total Destinada para Autoconsumo	Más de una ha	Hasta una ha	Hasta media ha	Un cuarto de ha	Cero ha
B1. Rendimiento del cultivo	Mayor a 4000 cajas	Entre 3000 a 4000 cajas	Entre 2000 a 3000 cajas	Hasta 2000 cajas	Menor a 2000 cajas
B2. Costo de producción	Menor a 4,25	Entre \$4,25 y \$4,50	Entre \$4,50 y \$4,75	Hasta \$4,75	Mayor a \$4,75
B3. Ingresos netos anuales	Mayor a \$7000	Entre \$6300 y 7000	Entre 4200 y 6300	Hasta 3100	Menor a 3100
C1. Merma durante el Proceso	Menor a 5%	Entre 5% y 10%	Entre 10% y 15%	Hasta 15%	Mayor a 15%
C2. Canales de comercialización	Más de tres contratos	Hasta tres contratos	Hasta dos contratos	Un Contrato y spot	Spot
C3. Dependencia de agroquímicos y otros insumos	Muy baja	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta
C4. Autofinanciamiento de la Producción	Autofinanciable	Medianamente autofinanciable	Parcialmente autofinanciable	Autofinanciable con severas restricciones	No es autofinanciable
D. Conversión (ratio):	Mayor a 2,6	Entre 2 a 2,6	Entre 1,5 a 2	Entre 1a 1,6	Menor a 2

Tabla 5. Dominio de valores para los subindicadores de la Dimensión Ambiental.

Subindicadores	4	3	2	1	0
A1. Cobertura vegetal en el suelo	Cobertura del 100%	Cobertura del 75%	Cobertura del 50%	Cobertura del 25%	Suelo desnudo
A2. Manejo del cultivo	Orgánico con doble certificación	Orgánico con una certificación	Orgánico con solicitud de certificación	En transición con sustitución de insumos	Monocultivo convencional
A3. Diversidad de cultivos	Asociación de cultivos	Cultivo intercalado	Monocultivos con presencia de vegetación espontánea	Monocultivo rodeado por otros cultivos	Monocultivo rodeado parcialmente por vegetación espontánea
A4. Incorporación de materia orgánica	Muy frecuente	Frecuente	Medianamente frecuente	Poco frecuente	Nula
B1. Relieve del suelo	Plano	Plano con ligeras ondulaciones	Medianamente ondulado	Ondulado	Irregular
B2. Nivelación del suelo	Del 0 al 1%	Del 1% al 5%	Del 5% al 10 %	Del 10% al 15 %	Mayor al 15%
B3. Sistema de riego	Goteo	Aspersión con fertirriego	Aspersión	Superficial	Precipitaciones
B4. Sistema de drenaje	Subsuperficial C/ EB	Superficial C/ EB	Subsuperficial o Superficial S/ EB	Superficial S/ EB	Ninguno
C1. Variedades cultivadas	Más de cuatro	De tres a cuatro	De dos a tres	De uno a dos	Uno
C2. Manejo Integrado de Plagas	Muy frecuente	Frecuente	Medianamente frecuente	Poco frecuente	Nula
C3. Procedencia del material vegetal	Importado	Meristemático de Laboratorio Certificado	Meristemático de Laboratorio No Certificado	Vivero Propagación con Cormos	Desconocido
C4. Incidencia de plagas y Enfermedades	Nula	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Mayor a grado 3
C5. Frecuencia de Aplicaciones Agroquímicos	Bimestral	Mensual	Quincenal	Semanal	Intervalos diarios
C6. Factores climáticos perjudiciales para la producción	Ninguno	Temperatura	Precipitación	Humedad relativa	Precipitación, temperatura, humedad relativa
D1. Aptitud del suelo en el predio	Muy apto	Apto	Moderadamente apto	Marginalmente apto	No conoce
D2. Aptitud del agua de riego	Excelente	Buena	Permisible	Dudosa	No apta

Tabla 6. Dominio de valores para los subindicadores de la Dimensión Social.

Subindicadores	4	3	2	1	0
A1. Vivienda	Vivienda con acabados 2P	Vivienda con acabados 1P	Vivienda sin acabados 2P	Vivienda sin acabados 1P	Vivienda sin acabados 1P
A2. Acceso a la educación	Superior	Post bachillerato	Colegio	Escuela	Sin Acceso
A3. Acceso a la salud	Hospital 1er nivel	Subcentro MSP	Consultorios IESS SC	Hospitales del día	No existe
A4. Tenencia de la tierra	Propia	Herencia	Posesión	En proceso de expropiación	Invasión
A5. Satisfacción con el sistema de cultivo	Muy satisfecho	Satisfecho	Mediamente satisfecho	Poco satisfecho	Desilusionado
A6. Nivel de Aceptación de Nuevas Prácticas	Muy alto	Alto	Media	Baja	Nula
A7. Disposición de Desechos	Entregan a Centros de Acopio	Almacenan y les Retiran	Almacenan y Entregan	Eliminan con Frecuencia	Queman
A8. Tiempo de Dedicación a la Finca	12 h	8 h	6 h	4 h	Menos de 4 h
A9. Generación de Relevos	Más de 3 hijos	De 2 a 3 hijos	de 1 a 2 hijos	1 hijo	Ninguna
B. Integración social	Muy alta	Alta	Media	Baja	Nula

Los valores de los Indicadores Económico (IE), Ambiental (IA) y Social (IS), fueron obtenidos partiendo de la media ponderada, con magnitudes propuestas por agricultores de banano en concordancia con los resultados alcanzados en sus agroecosistemas, algo similar es examinado por Decancq y Lugo (2013) al precisar magnitudes para índices multidimensionales de bienestar humano, los modelos matemáticos obtenidos son los siguientes:

$$(IE) = \frac{\left(\frac{A1 + 2A2}{3}\right) + 2\left(\frac{B1 + B2 + B3}{3}\right) + \left(\frac{C1 + C2 + C3 + 2C4}{5}\right) + 2D}{6}$$

$$(IA) = \frac{\left(\frac{A1 + 2A2 + 2A3 + A4}{6}\right) + \left(\frac{B1 + B2 + B3 + 2B4}{5}\right) + \left(\frac{2C1 + C2 + C3 + C4 + 2C5 + C6}{8}\right) + \frac{(D1 + D2)}{2}}{4}$$

$$IS = \frac{2 \left(\frac{A1 + 2A2 + A3 + A4 + 2A5 + A6 + A7 + A8 + 2A9}{12} \right) + B}{3}$$

Se definió que el valor mínimo o de partida que tenía que conseguir el índice de sustentabilidad general (ISG), para asumir que un agroecosistema de banano es sustentable: igual o mayor que el valor medio de la escala, es decir, 2.

$$ISG = \frac{IE + IA + IS}{3}$$

El estudio de los indicadores de los agroecosistemas situados en la localidad de Babahoyo, parroquia La Unión, permitió identificar muchas diferencias en los elementos de la sustentabilidad como se aprecia en la **Tabla 7**.

Aunque los tres tipos de fincas alcanzaron un ISG superior a 2, la dimensión ambiental con su índice (IA) en los tres casos, no superó el valor de 2, que según Sarandón *et al.* (2006) y los agricultores bananeros las vuelve no sustentables, lo que coincide con los resultados de Bagshaw & Lindsay (2009) quien manifiesta que el tema de manejo ambiental es algo de poco interés entre otras cosas por no ser una prioridad comercial

Tabla 7. Sustentabilidad según tamaño de fincas

Tamaño de Finca	IE	IA	IS	ISG
Pequeñas	2,77	1,81	2,85	2,48
Medianas	2,72	1,78	3,27	2,59
Grandes	3,32	1,84	3,43	2,86

La **Figura 10** muestra que los puntos críticos corresponden a los subindicadores Diversificación de la producción y Porcentaje del área total destinada para autoconsumo correspondientes a la Dimensión Económica (IE), donde los valores obtenidos por los agroecosistemas pequeños fueron de 1.63 y 1.44; los agroecosistemas medianos 0.13 y 0.20; los agroecosistemas grandes 0.00 y 0.00, consecuentemente.

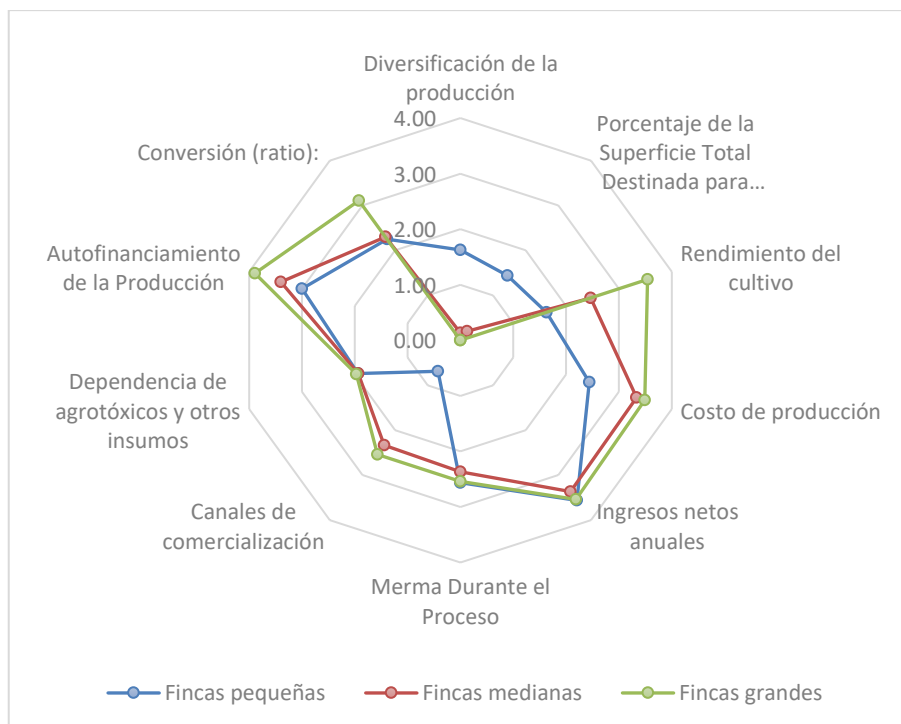


Figura 10. Diagrama de sustentabilidad económica entre tamaño de fincas

Algo que limita la sustentabilidad exclusivamente de los agroecosistemas pequeños son los canales de comercialización, donde la condicionante es que, de los 16 agroecosistemas pequeños, solo dos cuentan con un contrato para la compra – venta de la fruta con dos empresas, seis agroecosistemas solo le venden a una sola empresa y los seis restantes venden a precio *spot* (precio que se paga al momento para una entrega inmediata).

La dependencia de agroquímicos y otros afecta a los tres tipos de agroecosistemas, esto es un componente que depende de los ciclos de fumigaciones aéreas para el control de sigatoka negra, donde la frecuencia de aplicación es de una por semana desde diciembre hasta mayo, y posteriormente las aplicaciones disminuyen a una cada dos meses, según sea la recomendación del experto en fitosanidad de la finca o de la compañía fumigadora.

El uso de la metodología de Sarandón (2002) permitió conocer que estos agroecosistemas alta carga de insumos externos, no cumplirían apropiadamente con los propósitos ecológicos, sociales y culturales. Una de las condiciones para considerar un sistema ecológicamente sustentable es la preservación del capital natural (Costanza & Daly 1992; Harte 1995).

La dependencia de agroquímicos se ve justificada para realizar principalmente el control de sigatoka negra, el cual, tiene una frecuencia de aplicación de hasta 28 a 38 aplicaciones al año (Quevedo *et al.* 2018).

La sustentabilidad ambiental se presenta en la **Figura 11**, allí se puede observar que los puntos críticos son: manejo del cultivo con valores de 0.25; 0.13; y 0.41; diversidad de cultivos con valores de 1.69; 1.70; y 1.49; manejo integrado de plagas con valores de 2.13; 2.30; y 2.27; y finalmente, el subindicador frecuencia de aplicación de agroquímicos y otros, el cual alcanzó valores de 1.56; 1.47 y 1.51 para los agroecosistemas pequeños, medianos y grandes, respectivamente.

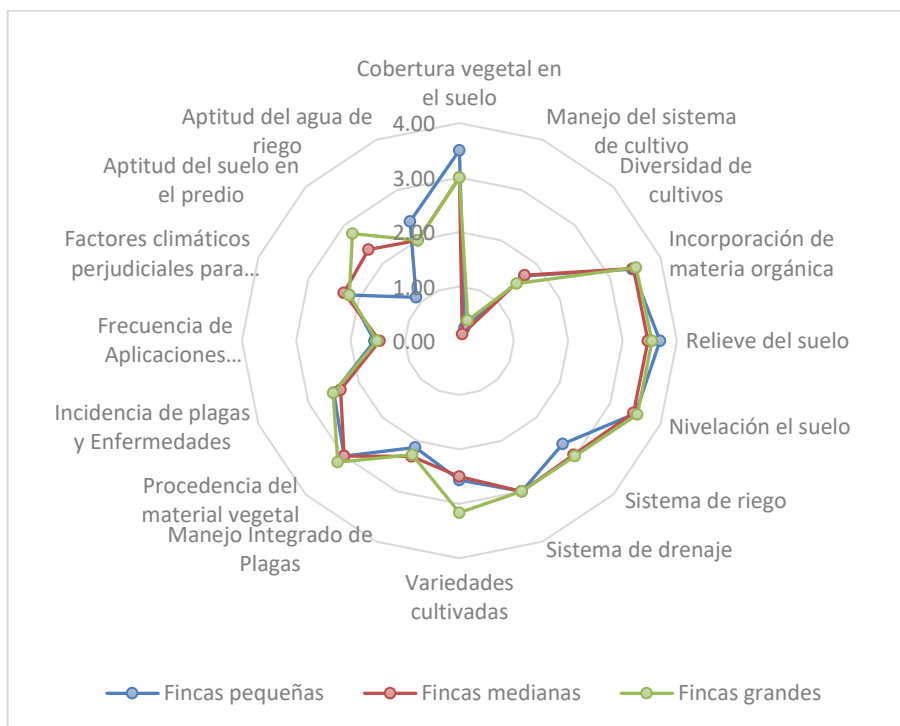


Figura 11. Diagrama de sustentabilidad ambiental entre tamaño de fincas

Es necesario tener un marco de conocimiento sobre la aptitud del suelo (Salvatore *et al.* 2010) para el óptimo crecimiento de las musáceas. El análisis de la Dimensión Social se realizó en función de los resultados graficados en la **Figura 12**, donde se aprecia que el subindicador: Aptitud del suelo en el predio C1, obtuvo un valor de 1.13. El resultado estuvo en dependencia del desconocimiento del propietario del agroecosistema con respecto a la aptitud de los suelos de la misma, más no porque dichos suelos no posean aptitud agrícola para producir banano.

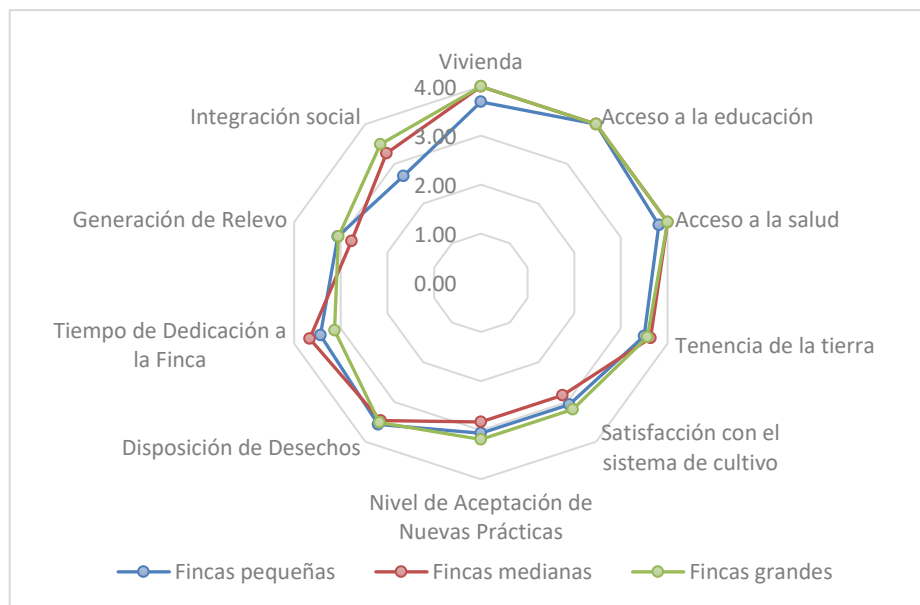


Figura 12. Diagrama de Sustentabilidad Social entre tamaño de fincas

4.3. PLAN DE ACCIÓN

El exhaustivo análisis de las entrevistas realizadas a los productores bananeros permitió recopilar los criterios de técnicos agrícolas, profesores/ investigadores y productores de musáceos conocedores de los sistemas de producción de banano en el cantón Babahoyo. El plan de acción contiene objetivos deseados, metas esperadas y acciones que se deben tomar, todos articulados de manera lógica, los mismos que tienen como propósito potencializar la sustentabilidad de los agroecosistemas de banano en la zona de estudio.

A continuación, la **Tabla 8** se presenta el plan de acción propuesto.

Tabla 8. Plan de acción para la contribución a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano el cantón Babahoyo.

No.	OBJETIVOS DESEADOS	METAS ESPERADAS	ACCIONES QUE SE DEBEN TOMAR
1	Efectuar la diversificación de la producción dentro de las fincas de banano.	En el primer año el 80 % de los sistemas de producción de banano de Babahoyo han diversificado sus producciones con cultivos de interés económico.	<ul style="list-style-type: none"> • Diversificar el predio con cultivos que se consuman en mercados locales y/o internacionales.
2	Establecer dentro de las fincas de banano, superficies destinadas para cultivos de autoconsumo.	Al finalizar el primer año el 100 % de las fincas bananeras poseen un área destinada al autoconsumo.	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivar al menos media hectárea con hortalizas, frutales, y otras especies que contribuyan al autoconsumo del productor.
3	Incrementar el rendimiento del cultivo dentro de la finca.	El rendimiento del cultivo de banano se incrementa en un 20 %, respecto a los niveles de producción encontrados al inicio del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los factores que limitan el rendimiento agrícola del banano. • Proponer medidas que mitiguen el efecto negativo de los factores limitantes de la producción de banano.
4	Mejorar los canales de comercialización de la producción de la finca.	Los productores de banano de Babahoyo comercializan el 75 % de sus frutos a precios justos, al final del primer año.	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar estudio de mercado. • Crear una asociación de pequeños productores bananeros para la comercialización del banano. • Capacitar a los productores de banano en temas relacionados con la comercialización. • Identificar nichos para la comercialización del banano.
5	Sustituir paulatinamente productos agrotóxicos por productos alternativos que tengan la misma efectividad	El 50 % de los productos de que se aplican para el control de plagas en las plantaciones son alternativos, al final del segundo año.	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir los intervalos de aplicación de agrotóxicos. • Identificar productos alternativos de (orgánicos u otros) que sean eficientes para el control de enfermedades en banano. • Capacitar y concientizar a los productores a cerca de las ventajas del uso de productos alternativos.
6	Implementar métodos de manejo sustentable del cultivo.	Se realizan prácticas amigables con el medio ambiente en el 90 % las fincas pequeñas, al final del primer año.	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir prácticas agroecológicas, orgánicas y conservacionistas en los sistemas de producción de banano.
7	Realizar evaluación de las tierras para tipos de utilización que consideren el banano (más específico que la capacidad de uso)	Se realizan mapeos y se determinan las clases de suelos en el 100 % de fincas pequeñas, durante el primer año.	<ul style="list-style-type: none"> • Crear una asociación de pequeños productores de banano productores bananeros que resuelva y solvante situaciones financieras que limitan los trabajos de evaluación de las tierras. • Realizar estudios de suelos a escalas 1:5000 y a 1:2000 (para propiedades mucho más pequeñas), los cuales promoverán el manejo por sitio específico en estos sistemas de producción.

Durante el elaboración del plan de acción, se analizaron y establecieron los objetivos deseados, las metas esperadas y se definieron las acciones que se deben tomar de modo claro y con parámetros actualizados, alcanzo el resultado deseado; el desarrollo de todo esto coincide con los manifestado por la Universidad de Kansas (2018) y el Ministerio de Salud y Protección Social (2018), la misma que además sostiene que los pasos que se deben tomar para alcanzar los objetivos, ayudan a determinar las acciones específicas y así poder diseñar una visión real de lo que se desea abordar.

La acción de diversificar el predio con cultivos que se consuman en mercados locales y/o internacionales, perteneciente al objetivo de efectuar la diversificación de la producción dentro de las fincas de banano, cuya meta deseada es que en el primer año el 80 % de los sistemas de producción de banano de Babahoyo han diversificado sus producciones con cultivos de interés económico, coincide con lo manifestado por la Red de Ciudades por la Agroecología (2017), cuando se refiere a la diversificación de cultivos y de mercados; este último contribuiría a la problemática que tiene los pequeños productores de en cuanto a identificación de nichos para la comercialización del banano.

Los objetivos cinco y seis del plan de acción elaborado, sustituir paulatinamente productos agrotóxicos por productos alternativos que tengan la misma efectividad e implementar métodos de manejo sustentable del cultivo respectivamente, guardan similitud con lo indicado por la Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica (2019), organismo que dentro de sus buenas prácticas agrícolas menciona la transición de un modelo de producción agrícola convencional a un modelo sustentable.

Por otra parte, de las 32 personas seleccionadas, 15 resultaron ser expertos, los mismos que con el método Delphi alcanzaron un coeficiente de competencia de 0.918 es decir, dentro del rango teórico $0.8 \leq K \leq 1$ lo que les otorga un $K = \text{Alto}$; luego; con el modelo de prueba estadística coeficiente de concordancia de Kendall y el alfa de Cronbach, se comprobó el grado de coincidencia de las valoraciones realizadas por los expertos cuyas cifras alcanzadas fueron de 0.987 y 0.714 respectivamente, mientras que para el plan de acción el resultado fue de competencia fue de 0,875, lo que les otorga un $K = \text{Alto}$; luego con el coeficiente de concordancia de Kendall y el alfa de Cronbach, se comprobó el grado de coincidencia de las valoraciones realizadas por los expertos cuyas cifras alcanzadas fueron de 0.998 y 0.712, correspondientemente.

V. CONCLUSIONES

1. La actividad más importante, prácticamente la única, de las fincas bananeras de la localidad de Babahoyo es la producción de banano; es decir, no son sistemas de producción diversificados.
2. Los sistemas productivos estudiados son similares en cuanto a los altos niveles tecnológicos; sin embargo, sus rendimientos agrícolas son bajos, por ello es necesario una mejora del proceso productivo del cultivo de banano.
3. Las fincas son similares en cuanto a la forma en que controlan de plagas tales como: malezas, hongos, nemátodos e insectos, siendo este control el de mayor costo en el proceso productivo.
4. Las fincas se agrupan en función a sus características tales como a la existencia de una red completa de drenaje, al tipo de productor y al tipo de contrato para la venta de las cosechas, según el análisis de conglomerados.
5. Los agroecosistemas estudiados no sean sustentables, un elemento fundamental en ello es que la dimensión ambiental, el cual tiene valores por debajo de los admisibles en cuanto a: frecuencia de aplicaciones de agrotóxicos, manejo de sistemas de cultivo y diversidad de estos.
6. El uso intensivo de agrotóxicos un elemento del manejo de los agroecosistemas estudiados que incide en la no sustentabilidad de estos, una forma de transitar hacia la sustentabilidad sería introduciendo alternativas agroecológicas en el control de plagas e incrementando la diversidad de cultivos.
7. Las mayores diferencias en la sustentabilidad económica están determinadas por los canales de comercialización que tiene cada tipo de finca según tamaño.

8. Los indicadores de sustentabilidad social tienen un comportamiento similar en todos los tipos de fincas.
9. El plan de acción propuesto permitirá reglamentar y ordenar las diferentes medidas que debe realizar el gobierno seccional.
10. El plan de acción contribuye a fundamentar la toma de decisiones al momento de definir normativas en el ámbito agropecuario. Durante su análisis y previo a la aplicación debe ser discutido con los productores bananeros para contar con su apoyo y contribución.
11. A corto y mediano plazo, el plan de acción propuesto considera mejorar con objetivos, metas y acciones los parámetros que limitan la sustentabilidad en los sistemas de producción de banano.
12. Todo plan de acción debe ser sometido a la opinión de los productores agrícolas ya que el aporte de ellos enriquece sustancialmente los objetivos y las metas los planes.

VI. RECOMENDACIONES

- Corregir la estructura productiva de banano en el Ecuador atendiendo además de la superficie de las fincas, otras variables de la dimensión social, conjuntamente con variables de las dimensiones ambientales y económicas.
- Diversificar los sistemas de producción de banano, con el propósito de que el productor bananero no dependa únicamente de esta actividad.
- Mejorar la infraestructura agrícola en los pequeños sistemas de producción; así como el manejo agrotécnico del cultivo de banano.
- Sustituir progresivamente los productos agrotóxicos por productos alternativos que tengan la misma efectividad e implementar labores agrícolas alternativas, potencializará la sustentabilidad ambiental en los agroecosistemas de banano pequeños, medianos y grandes.
- Realizar evaluación de las tierras para determinar tipos de utilización que consideren el banano y otras musáceas.
- Se debe seguir trabajando sobre los indicadores y subindicadores que ocasionan que los sistemas no sean sustentables, con el propósito de que se alcance la sustentabilidad de estos sistemas de producción; así mismo seguir trabajando en los demás indicadores y subindicadores que cuentan actualmente con valores aceptables según la teoría que se adaptó para la zona.
- Poner en práctica el plan de acción propuesto, ya que una vez validado, se conoce que, con la ejecución de los objetivos, el logro de las metas y la aplicación de las acciones, mejorará los parámetros que limitan la sustentabilidad en los sistemas de producción de banano.
- Toda propuesta o estrategia de transición entre manejo convencional a prácticas sustentables que se genere a partir del plan de acción con la finalidad de potencializar la sustentabilidad de los agroecosistemas de banano deben ser metodológicamente validados por expertos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AAPRESID. 2013. Manual de buenas prácticas agrícolas e indicadores de gestión (en línea). Ciudad de Rosario, Argentina, 57 p. Visitado el 15 de enero del 2020. Disponible en <https://www.aapresid.org.ar/ac/wp-content/uploads/sites/4/2013/02/manual.pdf>

AGROCALIDAD. 2014. Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de banano (en línea). Quito, Ecuador, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. 175 p. Visitado el 1 de febrero del 2019. Disponible en <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>

Álvarez, E; Pantoja, A; Gañán, L; Ceballos, G. 2013. La sigatoka negra en plátano y banano. Guía para el reconocimiento y manejo de la enfermedad, aplicado a la agricultura familiar Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Astigarraga, E. 2008. El método Delphi. San Sebastián: Universidad Deusto.

Bellamy, A. 2013. Banana Production Systems: Identification of Alternative Systems for More Sustainable Production. *Ambio* 42(3):334-343. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0341-y>

Bolívar, H. 2011. Metodologías e indicadores de evaluación de sistemas agrícolas hacia el desarrollo sostenible. *Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales* 8(1):1-18.

Cabrera, J; Guerrero, J; Batista, R. 2020. La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3):189-195

Caicedo, O; Balmaseda, C; Proaño, J. 2015. Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 24(2):18–22.

Caicedo, O; Díaz, O; Cadena, D; Galarza, G. 2019. Diseño de un sistema de producción de arroz sostenible en Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. *Killkana Técnica*, 3(1):19-24.

Calderón, P; Flórez, G. 2015. Valoración y análisis de indicadores de sostenibilidad en seis unidades de producción agropecuaria de la cuenca media del río Chinchiná. *Luna Azul* (41):73-88.

Collantes, R; Rodríguez, A; Canto, M. 2017. Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8(1):33-44.

Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica. 2019. Manual de buenas prácticas para la producción orgánica de frutales tropicales (banano, piña, mango, papaya) y fruitivos (café y cacao), Eduardo Aguilera Manjarrés, Buenos Aires, Argentina, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; 35 p.

Decancq, K; Lugo, A. 2013. Weights in multidimensional indices of wellbeing: An overview. *Econometric Reviews*, 32(1):7-34.

Dillon, E; Hennessy, T; Buckley, C; Donnellan, T; Hanrahan, K; Moran, B; Ryan, M. 2016. Measuring progress in agricultural sustainability to support policy-making. *International Journal of Agricultural Sustainability* 14(1):31-44. DOI: <https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1012413>

EcuRed. 2018. Coeficiente de Kendall. EcuRed: Conocimiento con todos y para todos (en línea, sitio web). Disponible en https://www.ecured.cu/Coeficiente_de_Kendall

Elbehri, A; Calberto, G; Staver, C; Hospido, A; Roibas, L; Skully, P; Siles, D; Arguello, J; Bustamante, A. 2015. Cambio climático y sostenibilidad del banano en el Ecuador: Evaluación de impacto y directrices de política. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 180 p.

Escobar, J; Cuervo, A. 2008. Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6(1):27–36.

FAO. 2015. Objetivos de Desarrollo Sostenible (en línea, sitio web). Visitado el 14 de febrero del 2021. Disponible en <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>

Flores, C. 1995. Servicio de recomendaciones de fertilidad de suelos y nutrición del cultivo del banano. San José, Costa Rica, Corporación Bananera Nacional. (Informe anual).

García, M; Suárez, M. 2013. El método Delphi para la consulta a expertos en la investigación científica. *Revista Cubana de Salud Pública*, 39(2):253-267.

Garnett, T; Appleby, MC; Balmford, A; Bateman, IJ; Benton, TG; Bloomer, P; Burlingame, B; Dawkins, M; Dolan, L; Fraser, D. 2013. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. *Science*, 341(6141):33–34. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1234485>

Gonzabay, R. 2017. Cultivo del banano en el Ecuador. *AFESE*, 58(58):113-142.

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2020. Boletín Climatológico Anual 2015. Editor: José Olmedo. Quito, Ecuador.

HEGOA. 2006. Agricultura Sostenible. Universidad del País Vasco (en línea). Visitado el 10 de octubre del 2018. Disponible en <http://www.dicc.hegoa.ehu.es/listar/mostrar/7>

Huntley, E; Collins, M; and Swisher, M. 1997. Effects of Farm Management on Soil Quality. *Proceeding*, 184-188.

Instituto Nacional de Estadística y Censo - INEC. 2011. Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC. Quito, Ecuador, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Visitado el 08 de enero 2021. Disponible en www.ecuadorencifras.gob.ec

Le Champion, A., Oury, F. X., Heumez, E., & Rolland, B. 2020. Conventional versus organic farming systems: dissecting comparisons to improve cereal organic breeding strategies. *Organic Agriculture*, 10(1):63-74.

Linstone, H; Turoff, M; Helmer, O. 2002. *The Delphi method: techniques and applications*. 2 ed. Addison wesley publishing. 652 p.

Machado, M; Nicholls, C; Márquez, S; Turbay, S. 2015. Caracterización de nueve agroecosistemas de café de la cuenca del río Porce, Colombia, con un enfoque agroecológico. *Idesia (Arica)*, 33(1):69-83. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292015000100008>

Masera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 2000. *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El marco de evaluación MESMIS*. Mundi-Prensa México. 109 p.

Mckeown, R. 2002. *Manual de educación para el desarrollo sostenible (en línea)*. Tennessee, EEUU, Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos Universidad de Tennessee. 176 p.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - MAGAP. 2016. Programa de Musáceas del MAGAP. Pag. 35. Quito – Ecuador

Ministerio de Salud y Protección Social. 2018. ¿Qué es un plan de acción? (en línea). s.l., Ministerio de Salud y Protección Social. Visitado el 25 de abril del 2020. Disponible en <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/Plan%20de%20acci%C3%B3n.pdf>

Miranda, J. 2009. Multicriteria analysis applied to the sustainable agriculture problem. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 8(1):67-77. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504500109470064>

Muller, S; Bellows, B. 1994. Development of a framework for the derivation of sustainability indicators and application of framework in the Rio Reventado watershed in Costa Rica. In Proceedings of the Indicators of Sustainability Conference and Workshop 1-5 Agos 1994 Arlington, Va. (EUA). Washington State University, Washington, DC (EUA), Dept. of Agricultural Economics.

Orozco, M; Orozco, J; Pérez, O; Manzo, G; Farías, J; Moraes, W. 2008. Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33(3):189–196.

Ortega, G. (2009). Agroecología vs. Agricultura Convencional. Documento de Trabajo N° 128b. BASE Investigaciones Sociales, Asunción

Pérez, T. 2010. Propuesta metodológica para el análisis de la seguridad alimentaria a nivel local en Cuba. Experiencia en el municipio San José de las Lajas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana. Cuba. Disponible en <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/3274/1/Propuesta%20metodol%C3%B3gica%20an%C3%A1lisis%20seguridad%20alimentaria%20en%20San%20Jos%C3%A9%20de%20las%20Lajas.pdf>.

Pro Ecuador. 2016. Análisis Sectorial Banana 2016. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. Visitado el 28 de mayo del 2019. Disponible en www.proecuador.gob.ec

ProMusa. 2016. Manejo de malezas (en línea). Visitado el 7 de marzo del 2020. Disponible en www.promusa.org/Manejo+de+malezas.

Quevedo, J; Infante, C; García, R. 2018. Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet) en el área foliar del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6:128–136.

Quintero, I; Carbonó, E. 2016. Panorama del manejo de malezas en cultivos de banano en el departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2):329–340. DOI: <https://doi.org/x.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i2.4188>

Red de Ciudades por la Agroecología. 2017. Red de Ciudades por la Agroecología: Plan de acción integral para la promoción de la actividad y el espacio agrícola municipal (en línea). Visitado el 5 de marzo del 2021. Disponible en <https://www.ciudadesagroecologicas.eu/el-proyecto-de-red/>

Revista El Agro. 2013. El banano en el Ecuador y el Mundo (en línea). Visitado el 5 de julio del 2019. Disponible en <http://www.revistaelagro.com/el-banano-en-ecuador-y-el-mundo/>

Reyes, L. 2012. Aporte de la química verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación química*, 23(2):222–229.

Rosset, P. 1998. La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico (en línea). Food First. Institute for Food and Development Policy. Visitado el 6 de febrero del 2020. Disponible en <http://socla.co/wp-content/uploads/2014/La-crisis-de-la-agriculturaconvencionalRosset.pdf>

Sánchez, J. 2014. Instalaciones e infraestructuras para la actividad agraria. España, SINTESIS. 213 p.

Sarandón, S. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Ediciones Científicas Americanas. p. 393-414.

Sarandón, S; Flores, C. 2009. Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: Una propuesta metodológica. *Agroecología* 4:19-28.

_____. 2014. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. 1 ed. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de La Plata. 466 p.

Sarandón, S; Zuluaga, M; Cieza, R; Janjetic, L; Negrete, E. 2006. Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas de fincas en Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología*, 1:19–28.

Universidad de Kansas. 2018. Caja de Herramientas Comunitarias. Educación (en línea). Visitado el 26 de febrero del 2018. Disponible en <https://ctb.ku.edu/es/tabla-de-contenidos/estructura/estrategia-planificacion/desarrollar-un-plan-de-accion/principal>.

Valarezo, C; Caicedo, O; Cadena, D; Alcívar, L; Rodríguez, A; Julca, A. 2020. Caracterización de fincas productoras de limón (*Citrus aurantifolia*) en Portoviejo, Ecuador. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(1), 88-94.

Villón, M. 2007. Drenaje. 1 ed. Costa Rica, Editorial Tecnológica de CR. 544 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías desarrollo de la investigación.



Foto 1: Recopilando criterios para establecer objetivos metas y acciones, entrevista con el Ing. Agr. PhD (c) Andrés Drouet Candell, Profesor Universitario.



Foto 2: Estableciendo objetivos metas y acciones, entrevista con el Ing. Agr. MSc. Antonio Alcívar Torres, Profesor Universitario.



Foto 3. Recopilando criterios para establecer objetivos metas y acciones, entrevista con la Ing. Gabriela Pinoargote, Profesora Universitaria.



Foto 4. Revisando los objetivos metas y acciones, entrevista con el Ing. Agr. MSc. Fernando Salazar Emanuel, Profesor Universitario



Foto 5: Recopilando criterios para establecer objetivos metas y acciones, entrevista pequeños productores bananeros de Babahoyo.



Foto 6. Recopilando criterios para establecer objetivos metas y acciones, entrevista pequeños productores bananeros de la Parroquia La Unión.



Foto 7. Recopilando criterios para establecer objetivos metas y acciones, entrevista con el Ing. Agr. Camilo Belduma.



Foto 8: Estableciendo objetivos metas y acciones, entrevista pequeños productores bananeros de la parroquia La Unión.



Foto 9. Recopilando criterios para establecer objetivos metas y acciones, entrevista con pequeños productores bananeros de zonas aledañas a la parroquia La Unión



Foto 10: Jerarquizando objetivos metas y acciones, entrevista pequeños productores bananeros de la parroquia La Unión.



Foto 11: Estableciendo y jerarquizando objetivos metas y acciones, entrevista con técnicas agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Ganadería.



Foto 12: Estableciendo y jerarquizando objetivos metas y acciones, entrevista con técnicos agropecuarios del Ministerio de Agricultura y Ganadería.



Foto 13: Verificando labores culturales, entre ellas la de riego, para posteriormente establecer y jerarquizar objetivos metas y acciones.



Foto 14: Verificando labores culturales, entre ellas la de drenaje, para posteriormente establecer y jerarquizar objetivos metas y acciones, entrevista con productores bananeros.

ANEXO 2. Formato de encuesta para caracterización de fincas

Encuesta para el productor bananero

Datos Generales		
Nombre del responsable de la encuesta:		
Nombre y Apellido del agricultor/a:		
Nombre del lugar:	Cantón:	Parroquia:
Recinto:		
II. Aspecto Socio – Económico Del Agricultor		
1.- Sexo del productor de la finca Hombre () Mujer ()		
2.- Edad del entrevistado:		
3.- Nivel de instrucción del productor de la finca	Ninguno	
	Inicial	
	Secundaria	
	Técnico	
	Universitario	
	Maestría	
4.- Donde reside el productor de la finca:		
5.- Números de personas que viven en el hogar:		
6.- Cuenta con asistencia médica en la localidad Si () No ()		
7.- Indique si el o los médicos están permanente en el lugar:		
8.- En su pueblo usted tiene: Escuela () Colegio () Universidad ()		
9. -En su casa usted tiene: Agua potable () Luz () Desagüe () Teléfono convencional () Celular () Internet ()		
10.- Vivienda	Casa de hormigón	
	Casa mixta	
	Casa de madera	
	Casa de caña	
	No posee	
11.- Cuanto es el ingreso mensual del agricultor en dólares \$:		
12.- Cría Animales: Si () No ()		
13.- Tipo de animales:	Vacunos	
	Porcinos	
	Caprino	
	Aves de corral	
	Otros	

14.- Medio de comunicación e información que suele utilizar	Televisor	
	Radio	
	Teléfono	
	Celular	
	Periódico	
	Folletos	
	Internet	
15.- Cuenta con movilidad en la zona: Si () No ()		
16.- Participa o pertenece en organización: Si () No ()		
17.- Cual es la organización a la que participa o pertenece:	Productores	
	Deportiva	
	Religiosa	
	Del Estado	
18.- Actividad a la que se dedica la familia	Agricultura	
	Ganadería	
	Comercialización	
	Artesanía	
	Turismo	
	Otros	
19.- Ha recibido capacitación: Si () No ()		
20.- De quien recibe capacitación:	MAGAP	
	ONG	
	Asociación de Productores	
	Exportadores de banano	
	Agrocalidad	
	Otros	
21.- Tiene título de propiedad: Si () No ()		
22.- Número de hectárea del predio:		
23.- Área cultivada de banano:		
24.- Posee permiso de siembra par cultivo de banano: Si () No ()		
25.- Que variedad de Banano posee: Cavendish () Williams () Gran nain ()		
26.- Que otros cultivos posee:		
27.- A quien le vende la fruta:		
28.- Tiene contrato la finca para vender la fruta a exportadores: Si () No ()		
29.- La exportadora respeta el precio oficial de caja \$ 6.5 durante el año: Si () No ()		
30.- Posee otro tipo de cultivo: Si () No ()		

31.- Nombre los otros cultivos:	
32.- Cual es el área cultivada de los otros cultivos:	
33.- Cuanto tipo de cultivo saca a la venta al mercado:	
34.- Rendimiento de cultivo de banano	Cajas/Ha/Año
35.- Cuál es la ratio del racimo en la finca	
36.- Cuanto es el costo de producción por caja	
37.- Posee arboles maderables Si () No ()	
38.- Cuantas personas trabajan en la finca (incluido usted)	
39.- Utiliza jornalero eventual: Si () No ()	
40.- Tiene personal fijo o estable en la finca: Si () No ()	
41.- El personal fijo de la finca está asegurado IESS: Si () No ()	
42.- Costo del jornal en \$.	
43.- El personal fijo de la finca percibe beneficio de ley (decimos utilidades): Si () No ()	
44.- Tenencia de la tierra	Alquila
	Propia
	Herencia
45.- Cuenta con agua de riego durante todo el año: Si () No ()	
46.- Que tipo de riego posee: Gran cañón () Subfoliar () Por goteo ()	
47.- Cual es la fuente de abastecimiento del agua:	Lluvia
	Pozo
	Rio
	Sistema de riego
48.- Que tipo de agricultura realiza: Convencional () Orgánica ()	
49.- Utiliza Abono químico para la fertilización en caso de convencional: Si () No ()	
50.- Fertiliza manual () Fertiliza por sistema de riego ()	
51.- En su cultivo usted utiliza: fungicida () insecticida () Acaricida () otros ()	
52.- Mantiene siempre la finca cubierta con malezas Si () No ()	
53.- Realiza quema de rastrojo de maleza: Si () No ()	
54.- Realiza aplicación de materia orgánica: Si () No ()	

55.- Posee cultivo asociado:	Si () No ()
56.- Cuanto ciclo de aplicación para el control de Sigatoka negra realiza al año: 56	
57.- Cumple con la norma de cero gente en la finca durante la fumigación:	Si () No ()
58.- Posee pendiente en su finca:	Si () No ()
59.- La finca posee infraestructura de drenaje:	Si () No ()
60.- La finca posee sistema de bombeo:	Si () No ()
61.- La finca posee infraestructura de empacadora:	Si () No ()
62.- Que tipo de empacadora tiene:	Circular () Lineal ()
63.- Posee sistema de recirculación de agua empacadora:	Si () No ()
64.- Posee parqueadero de contenedores:	Si () No ()
65.- La finca posee certificaciones:	Si () No ()
66.- Que tipo de certificaciones tiene vigente la finca:	
67.- La finca posee cultivo de cobertor de suelo	Si () No ()
68.- Los envases de químicos utilizados en la finca realiza el triple lavado:	Si () No ()
69.- Los envases de químicos retornan al centro agroquímico adquirido:	Si () No ()
70.- Los envases de químicos van algún centro de acopio o reciclaje:	Si () No ()
71.- La finca respeta la a 200 metros de poblado, escuelas, ríos, estero:	Si () No ()
72.- La finca respeta los 25 m. del centro de eje de carretera de primer orden:	Si () No ()
73.- La finca respeta la siembra de banano los 25 m. alejado de empacadoras:	Si () No ()
74.- La finca siembra áreas verde alrededor de empacadoras, borde de guardarrayas:	Si () No ()

ANEXO 3. Formato de encuesta para validar los indicadores y subindicadores de sustentabilidad

1. Marque con una cruz (x) en la casilla que le corresponda al grado de conocimientos que usted posee acerca del tema de investigación que desarrollamos (la evaluación de la sustentabilidad en sistemas de producción de banano), valorándolo en una escala de 0 a 10 (considerando 0 como no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 el de pleno conocimiento de la problemática tratada).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Autovalore el grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el tema de la presente investigación.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted en relación con el tema consultado			
Experiencia obtenida de su actividad práctica con relación al tema			
Estudios realizados de trabajos sobre el tema, de autores ecuatorianos			
Estudios realizados de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros			
Su propio conocimiento acerca del estado actual del problema			
Su intuición sobre el tema abordado			

2. A partir del análisis realizado le solicitamos que evalúe la propuesta de acuerdo con los siguientes aspectos, señalando con una **X** su decisión.

No.	Aspectos para el análisis	Escala valorativa				
		No adecuada	Poco adecuada	Adecuada	Bastante adecuada	Muy adecuada
1	La correspondencia de las dimensiones con los indicadores propuestos en cada una de ellas es:					
2	La consistencia interna los indicadores y sus subindicadores es:					
3	La articulación entre rangos de cada subindicador y los sistemas de producción de banano es:					
4	El análisis integral de los indicadores para lograr la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano es:					
5	El nivel de aplicabilidad de los indicadores de sustentabilidad propuestos es:					

ANEXO 4. Formato de encuesta para validar el trabajo de sustentabilidad y el plan de acción

1. Marque con una cruz (x) en la casilla que le corresponda al grado de conocimientos que usted posee acerca del tema de investigación que desarrollamos (Formular un plan de acción que contribuya a la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano), valorándolo en una escala de 0 a 10 (considerando 0 como no tener absolutamente ningún conocimiento y 10 el de pleno conocimiento de la problemática tratada).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Autovalore el grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación ha tenido en su conocimiento y criterios sobre el tema de la presente investigación.

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	GRADO DE INFLUENCIA DE CADA FUENTE		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por usted en relación con el tema consultado			
Experiencia obtenida de su actividad práctica con relación al tema			
Estudios realizados de trabajos sobre el tema, de autores ecuatorianos			
Estudios realizados de trabajos sobre el tema, de autores extranjeros			
Su propio conocimiento acerca del estado actual del problema			
Su intuición sobre el tema abordado			

2. A partir del análisis realizado le solicitamos que evalúe la propuesta de acuerdo con los siguientes aspectos, señalando con una **X** su decisión.

No.	Aspectos para el análisis	Escala valorativa				
		No adecuada	Poco adecuada	Adecuada	Bastante adecuada	Muy adecuada
1	La correspondencia entre los objetivos, metas y acciones es:					
2	La consistencia interna de los entre los objetivos, metas y acciones es:					
3	La articulación entre los objetivos, metas y acciones y los sistemas de producción de banano es:					
4	El análisis integral del plan de acción que contribuya para lograr la sustentabilidad de los sistemas de producción de banano es:					
5	El nivel de aplicabilidad del plan de acción propuestos es:					