



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**ASOCIACIÓN DE ALGODÓN CON CULTIVOS ALIMENTICIOS
COMO ESTRATEGIA AGROECOLÓGICA SOSTENIBLE FRENTE
AL CAMBIO CLIMÁTICO**

AUTORES:

**MOREIRA VERA WASHINGTON ANDRÉS
VERA VERA KEVIN ALEJANDRO**

TUTORA:

DRA. C. SILVIA MONTERO CEDEÑO, M.Sc.

CALCETA, OCTUBRE DE 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Moreira Vera Washington Andrés, con cédula de ciudadanía 131389250-5 y Vera Vera Kevin Alejandro con cédula de ciudadanía 131490882-1, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: “Asociación de algodón con cultivos alimenticios como estrategia agroecológica sostenible frente al cambio climático” es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



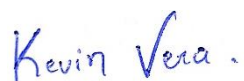
Vera Vera Kevin
CC: 131490882-1



Moreira Vera Andrés
CC: 131389250-5

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros Vera Vera Kevin Alejandro, con cédula de ciudadanía 131490882-1 y Moreira Vera Washington Andrés con cédula de ciudadanía 131389250-5, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: "Asociación de algodón con cultivos alimenticios como estrategia agroecológica sostenible frente al cambio climático", cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



Vera Vera Kevin
CC: 131490882-1



Moreira Vera Andrés
CC: 131389250-5

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Dra. C. Silvia Montero Cedeño M.Sc. certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: “Asociación de algodón con cultivos alimenticios como estrategia agroecológica sostenible frente al cambio climático”, que ha sido desarrollado por Vera Vera Kevin Alejandro y Moreira Vera Washington Andrés, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Dra. C. Silvia Montero Cedeño, M.Sc.

CC: 130535805-1

TUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: Asociación de algodón con cultivos alimenticios como estrategia agroecológica sostenible frente al cambio climático, que ha sido desarrollado por Vera Vera Kevin Alejandro y Moreira Vera Washington Andrés, previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos A. Villafuerte Vélez, Mg.

Ph D. Joan P. Cobeña Cevallos, M.Sc.

CC: 1307605541

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CC: 1307612885

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Verónica M. Vera Villamil, Mg.

CC: 131020148-6

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de crecer como seres humanos a través de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día;

A DIOS por bendecirnos cada día y permitirnos concluir nuestros estudios;

A nuestros padres por ser nuestro pilar fundamental, por apoyarnos y confiar en nosotros;

Al INIAP por brindarnos la oportunidad de realizar nuestra tesis de grado, al Dr. Ernesto Cañarte y su equipo de trabajo, por los conocimientos brindados para el desarrollo de esta investigación.

A la Dra. Silvia Montero tutora de la tesis quien nos compartió sus conocimientos y experiencia, para poder finalizar con nuestro trabajo investigativo.

Y así son muchas las personas que forman parte de nuestras vidas y que nos han brindado su apoyo incondicional, gracias por su compañía y todos sus buenos deseos.

Los Autores.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación principalmente a Dios, por permitirme estar en este momento tan importante de mi vida, por guiar mi camino y darme las fuerzas necesarias cuando más lo necesitaba. A mi mamá que ha sido mi pilar fundamental y siempre ha estado presente en cada logro que, con su apoyo y sus muestras de amor y cariño, me ha enseñado a no desfallecer y perseguir mis sueños, a mi padre por sus consejos y su apoyo que gracias a ellos puedo culminar mi carrera profesional. A mi hermana por estar siempre apoyándome. A mi tía María, a quien quiero como una segunda mamá y me demuestra su apoyo incondicional. A mi mami Carmen, mi abuelo que desde el cielo me guía y sé que me acompaña siempre y a mi primo que desde el cielo estará orgulloso. En general a toda mi familia, que de una u otra forma, se han hecho presente para que pueda alcanzar este logro muy importante en mi vida.

Andrés Moreira.

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero dedicar este proyecto de investigación a Dios, por todas sus bendiciones, porque sin Él nada fuera posible.

A mi madre Amparo Vera, por ser el pilar fundamental de nuestro hogar y mi vida, ya que, sin sus consejos y muestras de amor, no fuera posible ver cristalizado este sueño.

A mi padre Ramón Vera, aunque físicamente ya no esté junto a mí, sus enseñanzas han hecho de mí una persona que lucha por lo que desea y no se rinde ante las adversidades.

A mis hermanos, Lenin, Lorena y en especial a Luisana, por ser la persona que ha estado en cada momento importante de mi vida y demostrarme que con ganas todo se puede lograr.

A mi familia en general, que de una u otra forma han estado conmigo cuando los he necesitado.

A mi novia Dominique, quien me ha demostrado con su amor, que puedo contar con ella siempre.

Kevin Vera.

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	
16	
1.2.JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3.OBJETIVOS.....	20
1.3.1.OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
1.4.IDEA A DEFENDER.....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1.ALGODÓN	21
2.1.1.TIPOS DE ALGODÓN	21
2.1.2.USOS DEL ALGODÓN	21
2.1.3.CULTIVO DEL ALGODÓN.....	22
2.1.3.1.CULTIVOS DE ALGODÓN EN ECUADOR.....	22
2.1.4.IMPORTANCIA DEL ALGODÓN	23
2.1.5.CONDICIONES PARA EL CULTIVO DE ALGODÓN EN ECUADOR.....	23
2.1.6.CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	24
2.2.PROYECTO +ALGODÓN	24

2.3.ALGODÓN SOSTENIBLE.....	25
2.4.USO EFICIENTE DEL SUELO.....	25
2.5.CULTIVOS ALIMENTICIOS.....	26
2.6.ASOCIACIÓN DE CULTIVOS.....	26
2.6.1.BENEFICIOS.....	26
2.7.INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD.....	27
2.8.ÍNDICES DE SOSTENIBILIDAD.....	29
2.9.RELACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO.....	32
2.10.POROSIDAD DEL SUELO.....	33
2.11.AGRICULTURA SUSTENTABLE.....	33
2.11.1.IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE.....	34
2.11.2.SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS ASOCIADOS.....	34
2.12.ANÁLISIS DE DATOS.....	35
2.12.1.USOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	35
2.13.EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS.....	36
CAPÍTULO III. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
3.1.UBICACIÓN.....	37
3.2.DURACIÓN DEL TRABAJO.....	37
3.3.MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.3.1.MÉTODO DEDUCTIVO-CUANTITATIVO.....	38
3.3.2.MÉTODO BIBLIOGRÁFICO.....	38
3.4.TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	38
3.4.1.OBSERVACIÓN.....	38
3.4.2.ESTADÍSTICA.....	38
3.5.FACTOR DE ESTUDIO.....	38
3.6.TRATAMIENTOS.....	39

3.7.CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	40
3.8.DISEÑO EXPERIMENTAL.....	41
3.9.ANÁLISIS ESTADÍSTICO	41
3.10.MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO.....	41
3.11.MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	43
3.11.1.CULTIVO DE ALGODÓN.....	43
3.11.2.VARIABLES AGRONÓMICAS	43
3.11.3.VARIABLES FISIOLÓGICAS	44
3.11.4.VARIABLES PRODUCTIVAS	44
3.11.5.MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES EN ALGODÓN	45
3.11.6.CULTIVOS DE ASOCIACIÓN (MANÍ, MAÍZ-CHOCLO Y FREJOL CAUPÍ) 46	
3.11.6.1.VARIABLES AGRONÓMICAS Y FISIOLÓGICAS	46
3.11.6.2.VARIABLE FISIOLÓGICA:.....	46
3.11.6.3.VARIABLES PRODUCTIVAS:	47
3.11.6.4.MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES	47
3.12.PROCEDIMIENTOS	48
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1.CONCLUSIONES	75
5.2.RECOMENDACIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	76
ANEXOS	82

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos.....	39
Tabla 2. Caracterización del campo experimental.....	40
Tabla 3. Diseño experimental (DBCA).....	41
Tabla 4. Indicadores y subindicadores de la sostenibilidad.....	50
Tabla 5. Indicadores, subindicadores y escala valoración de sostenibilidad.....	50
Tabla 6. Porcentaje de plantas emergidas.....	60
Tabla 7. Altura de la planta.....	60
Tabla 8. Diámetro del tallo.....	61
Tabla 9. Número de ramas por planta.....	61
Tabla 10. Número de ramas arriba de la primera flor.....	62
Tabla 11. Longitud de entrenudos.....	62
Tabla 12. Días al cierre de calle del cultivo.....	62
Tabla 13. Índice de clorofila hoja tierna.....	63
Tabla 14. Índice de clorofila hoja madura.....	63
Tabla 15. Número total de botones florales por planta.....	64
Tabla 16. Número total de flores por planta.....	64
Tabla 17. Número total de bellotas por planta.....	64
Tabla 18. Rendimiento de algodón rama en kg/ha.....	65
Tabla 19. Rendimiento de algodón pluma en kg/ha.....	65
Tabla 20. Relación fibra (%).....	66
Tabla 21. Artrópodos encontrados a los 68 días (24/05/22).....	66
Tabla 22. Ántropodos encontrados a los 110 días (12/04/22/).....	66
Tabla 23. Indicador y subindicador ambiental.....	72
Tabla 24. Indicador y subindicador ambiental.....	72
Tabla 25. Indicador y subindicador ambiental.....	72
Tabla 26. Indicador y subindicador de sostenibilidad.....	74

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del área de estudio.....	38
Figura 2. Porcentaje de emergencia	53
Figura 3. Altura de la planta (cm)	53
Figura 4. Diámetro del tallo	54
Figura 5. Número de promedio de ramas/planta.....	54
Figura 6. Número de ramas/planta arriba de la primera flor.....	55
Figura 7. Longitud de entrenudos (cm)	55
Figura 8. Longitud de entrenudos (cm)	56
Figura 9. Índice de clorofila	56
Figura 10. Fecha de aparición del primer botón floral y número de botones florales/planta.....	57
Figura 11. Fecha de apertura de la primera flor y número de flores/planta.....	58
Figura 12. Fecha de inicio de formación de bellotas y número promedio de bellotas/planta.....	58
Figura 13. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón + maní.....	59
Figura 14. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón + maíz choclo	59
Figura 15. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón + fréjol caupí	60
Figura 16. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón monocultivo.....	60
Figura 17. Porcentaje de germinación, Maní asociado vs maní monocultivo....	68
Figura 18. Porcentaje de germinación, Maíz choclo asociado vs maíz choclo monocultivo.....	69
Figura 19. Porcentaje de germinación, Fréjol caupí asociado vs fréjol caupí monocultivo.....	69
Figura 20. Incidencia de gusanos trozadores, Maní asociado	70
Figura 21. Incidencia de gusanos trozadores, Maní monocultivo.....	70
Figura 22. Incidencia de gusanos trozadores, Maíz choclo asociado	71

Figura 23. Incidencia de gusanos trozadores, Maíz choclo monocultivo.....	71
Figura 24. Incidencia de gusanos trozadores, Fréjol capulí monocultivo	72
Figura 25. Incidencia de gusanos trozadores, Fréjol caupí asociado.....	72

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad del algodón en sistemas de cultivos alimenticios como estrategia agroecológica, mediante el empleo de métodos y técnicas como observación y análisis estadístico. Los resultados evidenciaron que no existen diferencias significativas en lo que respecta a variables agronómicas, fisiológicas, fitosanitarias y productivas del algodón ante las demás asociaciones, por consiguiente, en el análisis estadístico se pudo evidenciar que la asociación algodón + frejol caupí, tuvo un mayor rendimiento del algodón en rama y algodón pluma, siendo este el producto principal y de mayor valor comercial. La determinación de los indicadores de sostenibilidad, permitió evaluar la dimensión ambiental del estudio mediante el establecimiento de tres indicadores: Conservación de la vida del suelo, Riesgo de erosión y Manejo de la Biodiversidad y cinco subindicadores: Diversificación de cultivos, Preparación de terreno, Cobertura vegetal, Uso de semilla de calidad y Manejo de plagas y enfermedades, esto para caracterizar, interpretar y determinar mediante escalas de valoración los umbrales mínimos y máximos de sostenibilidad para establecer estadísticamente el grado de sostenibilidad ambiental del cultivo de algodón. En concordancia con la caracterización de la dimensión ambiental y de acuerdo con lo analizado en el área de estudio, el cultivo de algodón en asociación con fréjol caupí presenta una respuesta positiva en porcentajes de germinación, alcanzando un 81,11% en cuanto a rendimiento de algodón, incorporado en rama con un 4534,77.kg/ha y algodón pluma en 1426,32 kg/ha con proporción a las demás asociaciones, siendo estas variables determinantes en la calidad de la producción.

PALABRAS CLAVES

Sostenibilidad, diversificación de cultivos, dimensión ambiental.

ABSTRACT

The research aimed to evaluate the sustainability of cotton in food crop systems as an agroecological strategy, by employing methods and techniques such as observation and statistical analysis. The results showed that there are no significant differences with regard to agronomic, physiological, phytosanitary and productive variables of cotton before the other associations, therefore, in the statistical analysis it was possible to show that the association cotton + cowpea beans, had a higher yield of raw cotton and feather cotton, this being the main product and of greater commercial value. The determination of the sustainability indicators allowed to evaluate the environmental dimension of the study through the establishment of three indicators: Conservation of soil life, Risk of erosion and Management of Biodiversity and five sub-indicators: Crop diversification, Land preparation, Vegetation cover, Use of quality seed and Management of pests and diseases, this is to characterize, interpret and determine through valuation scales the minimum and maximum sustainability thresholds to statistically establish the degree of environmental sustainability of cotton cultivation. In accordance with the characterization of the environmental dimension and according to what was analyzed in the study area, the cultivation of cotton in association with cowpea beans presents a positive response in germination percentages, reaching 81.11% in terms of cotton yield, incorporated in branch with 4534.77.kg / ha and feather cotton in 1426.32 kg / ha with proportion to the other associations, being these variables determinants in the quality of production.

KEY WORDS

Sustainability, crop diversification, environmental dimension.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El tema del cambio climático en los cultivos es la mayor amenaza para la producción agropecuaria, sin embargo, la investigación realizada por HEIFER Ecuador (2014) y MAGAP Ecuador demuestra que, la mayoría de los agricultores están conscientes del mismo, y ante esta situación utilizan aún técnicas ancestrales de adaptación minimizando así las pérdidas de los cultivos, estas técnicas incluyen: agrosilvicultura, policultivo y rotación de cultivos. Sin embargo, el monocultivo sigue siendo considerado por muchos productores como un aliado para optimizar recursos en escalas de producción de alimentos, lo que permite alcanzar grandes volúmenes a costos más bajos. Así lo plantean Gianella y Pinzas (2017) apuntando que, al tratarse de una misma clase de producto, el cuidado de los cultivos se gestiona a través de técnicas y maquinarias con tecnología de punta o de forma general con la denominada agricultura de precisión para sembrar, fertilizar, controlar plagas, cosechar entre otras labores

La agricultura y la ganadería dependen de un enfoque que simplifica los sistemas agrícolas y ganaderos mediante el cultivo de una sola especie, a pesar de que la diversidad biológica es esencial para garantizar la disponibilidad de alimentos para la población, la demanda de alimentos por monocultivos aumentará en un 70%, situación que haría pensar que la producción a escala podría satisfacer las necesidades alimentarias. Sin embargo, esta industria extensiva podría presentar problemas al deteriorar los terrenos productivos, la sobreexplotación del suelo sometido a exigencias nutricionales del mismo cultivo hace que el terreno se debilite y erosione con más facilidad, afectando también el ecosistema natural compuesto por microorganismos, insectos o diferentes especies (FAO, 2018).

En Ecuador los monocultivos más populares son los cereales como la soja, árboles como el eucalipto y pino, caña de azúcar y algodón, entre otras. Y, aunque en la actualidad el sector agrícola es altamente vulnerable a las variaciones del clima, tales como, temperaturas y lluvias variables o extremas, su capacidad para adaptarse a las consecuencias se ve limitada por múltiples factores, entre ellos la pobreza y la ubicación geográfica. Los mayores impactos se ven reflejados en las zonas maiceras y algodonerías, estos cultivos aumentan considerablemente la vulnerabilidad de la región, si tenemos en cuenta las fuertes pendientes en las que se encuentran (20-30%) y la cantidad de lluvia que experimentan (Chalán, 2019).

El sector campesino domina el 50% de la superficie dedicada a cultivos alimentarios como el maíz, frijol, cebada y ají. En Manabí los agricultores ocupan al menos el 70% de la superficie cultivada de maíz y frijol. En este escenario, el algodón es una de las propuestas agrícolas más llamativa a inversiones por su alto potencial de cosecha en regiones productivas que recobrarán la competitividad de la industria algodonería (Vera, 2017).

El manejo del algodón tiene como eje la incorporación de prácticas agroecológicas para contribuir a la diversificación productiva del sistema, por las diversas estrategias de seguridad alimentaria desarrolladas, y por la racionalidad en el aprovechamiento de los recursos naturales por las familias campesinas involucradas (Blanco et al., 2020).

De acuerdo con los párrafos anteriores, los autores plantean la siguiente interrogante: ¿De qué manera la asociación del algodón con cultivos alimentarios puede resultar una alternativa agroecológica sostenible, frente al cambio climático?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El algodón (*Gossypiumhirsutum* L. Malvaceae), es un cultivo de relevancia cultural, económica y biológica (Ulloa et al., 2006), considerada la principal fibra natural cultivada en el mundo, por su amplio uso en la fabricación de tejidos y prendas de vestir. Es altamente demandado por la industria textil que utiliza la fibra, así como la de alimentos, que aprovecha el alto contenido de aceite y proteínas de la semilla como fuente de proteína para animales (Brubaker et al., 1999; SAGARPA, 2017).

La producción de algodón en Ecuador tuvo una gran intervención en el sector agrícola entre las décadas 70's y 90's. Actualmente, las zonas en las que más se puede apreciar los cultivos son Manabí y Guayas, con el 80% y 20% de la superficie, respectivamente (Rodríguez, 2014). Eventos económicos y climáticos *“han llevado a la casi desaparición de este cultivo en Ecuador”* (FAO, 2018), que pasó de 36000 ha en 1974 a 1800 ha en el 2016, con una producción que no abastece la demanda nacional de 20000 TM de fibra (INIAP, 2018).

Varios son los problemas que presenta este cultivo, pudiéndose destacar el precio, falta de semilla de variedades de alto rendimiento, manejo inadecuado del cultivo, limitando la producción de algodón en el país (MAG, 2018), además de la falta de alternativas de sistemas de producción en torno a este cultivo. Por tanto, es necesario buscar nuevas opciones de producción de algodón, que vuelva a este cultivo sostenible y resiliente, como son los sistemas asociados con cultivos alimenticios.

De esta manera se presenta la asociación de cultivos, la cual es una técnica que brinda beneficios económicos ya que, aumenta la producción e incrementa los ingresos de carácter agropecuarios, mientras que, por otro lado, ayuda a proporcionar un balance equilibrado de alimentos, atrae a insectos que realizan la polinización, existe un mejor aprovechamiento del espacio y puede estimular el crecimiento de varios cultivos a la vez (Portillo, 2021).

Los sistemas asociados son muy utilizados y buscan no solo mejorar la dieta del productor, sino su economía, permitiéndole disminuir su preocupación por la pérdida de la producción (Araújo et al., 2006; Agrobio, 2017, Montero et al., 2023). El cultivo de algodón se presta para la producción en sistemas asociados con

cultivos alimenticios, como una opción para reducir los impactos ambientales, incidencia de plagas y pérdida económicas, volviendo al cultivo sostenible y siendo así una alternativa para enfrentar efectos negativos ligados al cambio climático, como bajas en el rendimiento y distribución de los cultivos, en la variación de los precios, la producción y el consumo, además de afectar el bienestar de las familias productoras (Viguera et al., 2017).

Por tanto, se plantea esta investigación en el marco del proyecto ESPAM-MFL Fondos de Vinculación con la Colectividad “Desarrollo humano, comunitario y sostenible”.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la sostenibilidad del algodón en sistemas de cultivos alimenticios como estrategia agroecológica.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la respuesta agronómica, fitosanitaria y productiva de la variedad de algodón BRS-336 a varios sistemas de asociación con cultivos alimenticios bajo las condiciones ambientales de la zona aldonera de Manabí.
- Estimar los índices de sostenibilidad de la asociación de algodón con cultivos alimenticios como una medida agroecológica.

1.4. IDEA A DEFENDER

El cultivo de algodón en asociación con frejol presenta una respuesta positiva mayor al 25% en el índice de sostenibilidad versus las otras asociaciones de cultivos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ALGODÓN

El algodón es el nombre que toman algunas especies del género *Gossypium*, de la familia *Malvaceae*. Son plantas de tallos verdes que al dar flores amarillas se vuelven rojas. Su principal característica es que el fruto y las semillas se cubren de una pelusa blanca, y al abrir la cápsula se esparcen. Las fibras de algodón se utilizan para hacer una fibra textil muy común. Además, después del proceso de limpieza y desinfección, se comercializa en diversas formas para una variedad de usos (Pérez y Merino, 2017).

2.1.1. TIPOS DE ALGODÓN

De acuerdo con Uriarte (2020) se puede mencionar diversos tipos de algodón según su origen:

Sintético: Es algo por ingeniería genética, modificando sus propiedades para crear nuevas formas de una especie.

Biológico: El algodón convencional, el cual se puede mejorar mediante cruces y utilizando elementos del proceso de cultivo (agua, suelo, etc.) pero sin el uso de semillas modificadas genéticamente.

Ecológico: Es algodón que se cosecha sin semillas modificadas genéticamente, pero sin métodos agrícolas industriales, como aditivos o pesticidas, resguardando así el medio ambiente y generar una agricultura sostenible.

2.1.2. USOS DEL ALGODÓN

Alrededor del 60% del hilo de algodón, se usa para hacer una variedad de prendas, desde camisetas, chaquetas y abrigos, hasta ropa interior, ropa de trabajo y jeans.

También se utiliza comúnmente para ropa de cama, sábanas, toallas y batas, o para fines médicos como gasas y vendas. Otros productos incluyen tela, hilo sintético y aceite (Uriarte, 2020).

2.1.3. CULTIVO DEL ALGODÓN

El algodón, como tipo de cultivo, distingue las siguientes etapas morfológicas: emergencia, plántula, floración, final de la floración, floración y maduración. En este sentido, el uso de los grados diarios ayuda a inferir la ocurrencia y el momento de cada fase modal, considerando todas las horas por encima de la temperatura central, que puede ser 10°C o 15.5°C (Casuso et al., 2016).

2.1.3.1. CULTIVOS DE ALGODÓN EN ECUADOR

Según Sánchez et al. (2019) generalmente, Ecuador cultiva algodón, pero en la actualidad, la misma se ha disminuido notoriamente; la producción nacional no puede abastecer a la demanda textil del país. La producción local viene de agricultores provenientes de las provincias Guayas y Manabí, aunque la oferta y demanda no se realiza de manera directa con la industria textil y sus productores, ya que los comerciantes actúan como intermediarios entre ambas partes. El algodón cultivado en Ecuador no es transgénico y por tanto agrega un importante valor a la producción de este, teniendo en cuenta los requerimientos para el tipo de hilada, tejido y posición en el mercado local (Espinosa y Suárez, 2019).

En 2017, en Ecuador las zonas con un alto índice de producción de algodón fueron en el cantón Tosagua de Manabí y el cantón Pedro Carbo perteneciente al Guayas, con 1.200 agricultores aproximadamente y una superficie de 1.250 hectáreas, esto con base en datos mencionados en el proyecto +Algodón en Ecuador (Sánchez et al., 2020).

Según estadísticas del Banco Central del Ecuador [BCE], muestran que el valor total exportado de algodón y sus derivados en 2019 fue de \$21.739,70, equivalente a 4.412 de toneladas métricas, con un crecimiento promedio anual de 5,6% entre el 2010 al 2019. Para julio de 2020, el valor de exportación fue de \$ 5.597,60 y el volumen de toneladas métricas fue de 1.160,20 (Sánchez et al., 2020).

2.1.4. IMPORTANCIA DEL ALGODÓN

La Organización de las Naciones Unidas [ONU] proclamó el día 7 de octubre de cada año como Día Mundial del Algodón, esto con el objetivo de concientizar a la comunidad sobre la importancia de implementar el algodón sostenible y responsable. El conocido “Oro Blanco” el cual se produce y cultiva en más de 100 países, representa una fuente de fibra y alimentación para países en desarrollo.

Esta producción proporciona ingresos a más de 250 millones de personas a nivel mundial y dando empleo al 7% del personal de países en vías de desarrollo, el algodón es el “cultivo no alimentario más rentable” según el Fondo Mundial de la Naturaleza [WWF]. Cabe recalcar que, la producción de fabricantes textiles, son los que generan efectos negativos al ecosistema, debido a que optan por el uso del algodón sostenible en sus fábricas textiles (ONU, 2021).

2.1.5. CONDICIONES PARA EL CULTIVO DE ALGODÓN EN ECUADOR

De acuerdo con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP] (2015), estas son las condiciones más favorables para el cultivo del algodón en tierra nacional:

Clima: este se considera un elemento más decisivo que el suelo, en nuestro medio el algodón se cultiva en altitudes comprendidas entre 3 y 160 msnm y para la obtención de resultados favorables la pluviosidad tiene que fluctuar alrededor de 600mm a 900mm, con temperaturas entre 20°C y 30°C, y alrededor de 650 h/luz durante el cultivo. (Sión, 2015).

Terreno: El suelo se prepara mediante una labor sencilla, de esta manera se espera obtener un buen resultado de cosecha; hay que realizar una arada de profundidad corta o normal, esto con el objetivo de poder eliminar la maleza y plagas existentes, permitir además la aireación del suelo y facilitar el crecimiento de las raíces del algodón. Para realizar una arada óptima el secreto es la humedad de suelo, esta debe fluctuar en 40 y 50%; ya que si está demasiado

húmedo se puede destruir la estructura y daña las capas arables, por otro lado, si está muy seco el arado no entra (Sión, 2015).

Siembra: La siembra de esta planta depende del inicio de las lluvias, teniendo en cuenta realizarlo cuando se registre un mínimo de 50 mm, los cuales garanticen una germinación adecuada, a más del desarrollo de esta planta durante las cuatro semanas siguientes. Este sistema suele ser manual por lo que se suele requerir de 10 Kg de semillas por hectárea. Si dicha germinación es 85% inferior, se deberá aplicar la resiembra a los 6 días siguientes a la inicial, el raleo se dará en cuanto las plantas tengan algunas hojas y con un suelo húmedo (Sión, 2015).

2.1.6. CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

De acuerdo con Buendía y Echeverría, (2014) al ser una planta de carácter vigoroso, con un área foliar grande, el algodón se desarrolló de una manera apetecible a la vista de diferentes plagas de insectos. Los más conocidos y populares son: chupadores como pulgones, trips, masticadores (gusano Alabama y bellotero) el picudo, gusanos rosados, etc.

Se realizan alrededor de 5 a 6 fumigaciones por etapa (ciclo), en esta se aplican piretroides entre los que se menciona: "Actara, Baytroide, Croption, Karate, Methacap, Methilparathion, Regent y herbicidas".

Usualmente las enfermedades que dañan al algodón son las conocidas como Pudrición de la bellota y la Enfermedad foliar viruela, cuando se realiza la fumigación se aplican biofertilizantes foliares y Crop Plus para el mantenimiento de la planta.

2.2. PROYECTO +ALGODÓN

Como menciona FAO (2020) el proyecto conocido como +Algodón incide a la promoción de los sistemas de producción sustentable e inclusivo, teniendo a consideración la mirada en la cadena de valores del algodón para la promoción rural en desarrollo, siguiendo la agregación de valor independiente, el impulso generado por las fábricas textiles y el comercio general.

Para un impulso mayor en la cadena de algodón en la región latinoamericana, el estado de Brasil, por medio de la “Agencia Brasileira de Cooperación” del Ministerio de Relaciones Exteriores ABC/MRE, la FAO y las 7 naciones que son socias (Ecuador, Argentina, Haití, Colombia, Paraguay y Perú) han reunido poder para la ejecución del proyecto +Algodón.

2.3. ALGODÓN SOSTENIBLE

En Ecuador estando en acuerdos con el MAG y el Instituto de Naciones de Investigaciones Agropecuarias, junto al soporte de las instituciones de Brasil, la FAO asiste a la realización de acciones para un progreso sostenible de algodón, promoviendo buenas prácticas agrícolas para generar un rótulo más generoso con el ecosistema, y contar con una materia principal diferenciada (Suárez et al., 2020).

2.4. USO EFICIENTE DEL SUELO

Según la FAO (2015) menciona que la utilización y administración sustentable de los suelos están ligados con varios entornos del desarrollo sustentable, en la cual existe una necesidad inminente de paralizar la degradación de la tierra y la debilitación de los nutrientes del suelo y entablar marcos para la administración sustentable de la tierra y de los suelos. El mismo autor señala que, promover la administración sustentable de la tierra y de los suelos ayuda a la salud del suelo y de esta forma, además, a los esfuerzos para eliminar el apetito y la perplejidad alimentaria y a el equilibrio de los ecosistemas.

La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA] (s.f) establece que, obtener la utilización eficiente del suelo agropecuario involucra entender que la eficacia es un criterio incluido a las múltiples magnitudes de una propiedad, es decir, satisfacer las funcionalidades económicas y ecológicas de la propiedad, además, se hace énfasis en que la mejor elección de uso del suelo debería ser económicamente posible, socialmente compatible y ambientalmente aceptada. El mismo autor indica que, proponer un orden en materia provechosa involucra planear lo que se generará, cuánto, en dónde, en qué momento y cómo se va a

crear, teniendo en cuenta y contestando a la demanda del mercado, aspecto que en la actualidad no es relevante.

2.5. CULTIVOS ALIMENTICIOS

Los cultivos alimenticios o también llamados alimentarios, son aquellos que se utilizan como alimentos para las necesidades humanas, entre los cuales se destaca el arroz, trigo, cereales, maíz (granos), frutas y vegetales (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía [OSMAN], 2016). Por otra parte, Aldas (2019) hace énfasis que, una de las primordiales bases en la cual se desenvuelve la economía del país es la agricultura, ya que al ser una actividad fundamental esta se vuelve esencial para diagnosticar la conducta de la productividad y su sostenibilidad en el tiempo; entre los cultivos alimenticios más relevantes se encuentran: el arroz, arveja seca, cacao, caña de azúcar, cebada, fréjol seco, yuca, quinua, papa, maíz y soya.

2.6. ASOCIACIÓN DE CULTIVOS

Según Escandón (2012) la asociación de cultivos es una técnica muy utilizada en la agricultura ecológica y que la misma se encuentra basada en la siembra de dos o más plantas diferentes en un espacio continuo o cerrado. Esta técnica se desarrolla en la producción de diversas variedades de plantas o especies por unidad de área, por lo que se trata de imitar a los hábitats naturales y al mismo tiempo garantiza que siempre haya algún cultivo en el área para un período de cosecha más largo o prolongado.

2.6.1. BENEFICIOS

De acuerdo con Tamayo y Alegre (2022) los beneficios de la asociación de cultivos son los siguientes:

- **Evita el crecimiento de maleza:** ya que el uso del suelo se realiza de forma constante, la superficie de este está recubierta con plantas de carácter vegetativo, lo que evita la entrada de luz y a su vez el crecimiento de maleza o hierbas malas.

- **Optimiza el uso del sustrato:** gracias a que se realiza la combinación de algunas especies, estas permiten que las plantas no compitan por nutrientes que provee la tierra. Los vegetales con varias hojas suelen tener raíces superficiales, las cuales consumen el nitrógeno presente en el suelo.
- **Optimiza el espacio disponible:** este beneficio se centra en la combinación de varias plantas con crecimiento de forma horizontal con las de crecimiento vertical, o más bien, se pueden establecer algunas que tienen el crecimiento regular (lento).
- **Favorece el control agroecológico de los insectos dañinos:** los insectos o especies hortícolas se pueden unir entre sí mismas, usualmente con plantas aromáticas, así como con plantas medicinales con flores. Muchas de estas especies tienen la habilidad de atraer insectos los cuales son de ayuda para el cultivo.

2.7. INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Hemos visto que la agricultura está siendo afectada por el cambio climático, y se espera que los impactos, se incrementen en las próximas décadas, el sector agrícola contribuye en gran parte al cambio climático como emisor de gases de efecto invernadero (GEI), sin embargo, hay estrategias de mitigación y buenas prácticas agrícolas que contribuyen a reducir la cantidad de gases emitida por el sector agrícola, y también acciones que contribuyen a retener los gases que ya se han emitido, reduciendo el efecto de estos en la atmósfera (Barragán-Monroy, 2018).

A pesar de que la agricultura es uno de los sectores que emite una gran cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel regional, también es uno de los sectores con un gran potencial para reducir las emisiones de estos gases. Existen dos enfoques principales a través de los cuales el sector agrícola puede contribuir a la mitigación del cambio climático. El primero consiste en disminuir las emisiones de GEI generadas por la producción agrícola y actividades relacionadas, como la deforestación y la degradación de bosques. Esto se puede lograr mediante la implementación de prácticas agrícolas menos contaminantes,

la utilización más eficiente de insumos y evitando la expansión de la agricultura en zonas forestales. El segundo enfoque implica aumentar la capacidad de la tierra y la biomasa para absorber y almacenar carbono a través de buenas prácticas (Rozo y Sánchez, 2021).

De acuerdo a Viguera et al. (2017) las opciones de mitigación del cambio climático incluyen:

a. Reducción de las emisiones:

- Mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y otros agroquímicos a través del cálculo preciso de las necesidades de los cultivos (y el seguimiento de las recomendaciones técnicas);
- Utilizar fertilizantes de liberación lenta;
- Mejorar las técnicas de aplicación de fertilizantes con el fin de evitar la volatilización o la lixiviación de los nutrientes.
- Planificar la aplicación de fertilizantes en función de las previsiones meteorológicas para aumentar su eficacia.
- Adoptar prácticas de conservación del suelo para reducir las pérdidas debidas a la erosión.
- Fomentar la labranza mínima o la ausencia de labranza del suelo para disminuir los procesos de oxidación y la liberación de dióxido de carbono, así como las emisiones directas de la maquinaria agrícola.
- Implementar biodigestores para la gestión de residuos y la generación de energía sostenible.
- Gestionar los residuos de la cosecha como cobertura vegetal protectora o como biomasa en la producción de energía ecológica.
- Utilizar insumos locales para reducir la huella de carbono;
- Promover el uso de abonos orgánicos y reducir el uso de fertilizantes sintéticos;
- Reducir el uso de maquinaria y combustibles fósiles;

- Mejorar el manejo de humedales, incluido el cultivo de arroz en zonas inundadas;
- Reducir la frecuencia o extensión de las quemas.
- Reducir la expansión de la agricultura en áreas de bosque; evitar prácticas de corta y quema;
- Evitar productos que requieren de un alto coste energético para su fabricación, como los agroquímicos.

b. Captura o secuestro de carbono

Se pueden implementar diversas estrategias en la gestión agrícola con el objetivo de promover la sostenibilidad y la preservación del medio ambiente en la finca. Estas acciones incluyen la creación de sistemas agroforestales o silvopastoriles, la preservación de áreas de bosque natural y riberas de bosques en las instalaciones, el establecimiento de plantaciones forestales, la restauración de tierras degradadas, la aplicación de rotación de cultivos y cultivos intercalados, la incorporación de residuos de cosecha en el suelo para mejorar la materia orgánica y capturar carbono, la introducción de cultivos de leguminosas para fijar nitrógeno y reducir la dependencia de fertilizantes, la adopción de prácticas de agricultura de conservación (como el mantenimiento de cobertura, la implementación de rotaciones y cultivos intercalados, y la minimización de la perturbación del suelo), y el aumento del uso de períodos de barbecho y descanso para la tierra.

2.8. ÍNDICES DE SOSTENIBILIDAD

Los índices de sostenibilidad son herramientas que sirven para evaluar el compromiso empresarial, con un mejor enfoque sería analizar el cuadro de mando de la estrategia actual y asegurarse de que los objetivos asignados en todas las perspectivas cumplan con los requisitos de sostenibilidad pudiendo ser estos social, ambiental o económico (Rojas, 2019).

Torres (2009) manifiesta que, los indicadores son muy relevantes en el proceso de planificación, no son números abstractos, son variables que simplifican la información relevante y hacen comprensibles ciertas áreas de interés; también

son símbolos que pueden tomar la forma de medidas, números, hechos, opiniones o percepciones de una circunstancia o entorno particular, y miden cómo esa condición ha cambiado con el tiempo.

Sin embargo, el mismo autor cita que, el propósito de los indicadores en particular, es calcular las situaciones y tendencias en relación con las metas y objetivos establecidos, e indicar si se están cumpliendo, o si es probable que se logren, así mismo, los buenos indicadores admiten a los formuladores de políticas, predecir tendencias futuras, medir el impacto de las políticas, identificar prioridades y problemas, y comparar lugares o situaciones en un momento dado y a lo largo del tiempo.

Los sistemas de producción agrícola se basan en la conocida función de producción clásica, que resulta de la interacción de múltiples componentes, tales como las actividades de cultivo, el trabajo humano, la inversión de capital, la elección de semillas, la aplicación de fertilizantes, las condiciones climáticas, el suministro de agua para riego, el uso de abonos, y otros factores relacionados. Se explica que el concepto de tierra no sólo abarca el suelo agrícola, sino también, las construcciones y alojamientos de la explotación, así como las características climatológicas, tales como frecuencia y volumen de precipitaciones, temperatura, horas de sol, vientos dominantes, etc. (Saavedra, 2017).

Existen dos enfoques metodológicos principales para evaluar los impactos del cambio climático en la agricultura: el enfoque estructural y el enfoque espacial. Estos dos enfoques se utilizan para abordar y analizar los efectos del cambio climático en la agricultura desde perspectivas distintas Ramírez et al., (2010).

Enfoque estructural: Por lo general, en los estudios que siguen un enfoque estructural, se inician con una función de producción empírica como punto de partida para prever cómo el clima puede afectar a los cultivos. En este análisis, se considera que los agricultores buscan minimizar sus costos o maximizar su bienestar, siempre dentro de las restricciones impuestas por las condiciones climáticas establecidas en el modelo. Estos modelos comienzan midiendo cómo los cultivos responden a diferentes escenarios climáticos, los cuales se caracterizan por una serie de atributos climáticos, generalmente la temperatura

y la precipitación. El modelo en sí se deriva de la función de producción, que establece una relación entre la cantidad de producción y varios factores involucrados, como el trabajo, la tierra, el capital, las semillas, el agua de riego, los fertilizantes y las influencias climáticas Ramírez et al., (2010).

$$Q_t = f(m_t, X_t, Z_t)$$

En el contexto de la agricultura y considerando múltiples cultivos, la función de beneficios del agricultor se define en función de diversas variables. La variable "m" representa las características individuales del agricultor, incluyendo su capital humano y habilidades. Por otro lado, "x" engloba factores como el capital invertido, la mano de obra empleada y los insumos utilizados en la producción agrícola. Por último, "z" hace referencia a las variables climáticas, como la temperatura y la cantidad de lluvia, que pueden variar a lo largo del tiempo, indicado por el subíndice "t". Se expresa para n cultivos:

$$n_{t=\sum_{j=1}^n} (p_{jt}Q_{jt} = (m_t, x_t, z_t) - w_t x_{jt}; \quad j = 1, 2, 3, \dots \dots \dots n \text{ cultivos.}$$

Cuando se hace referencia a "pjt", esto implica el precio de cada cultivo denominado "j", mientras que "wt" se refiere al costo de cada uno de los insumos utilizados en la producción de dicho cultivo. Si se busca determinar la forma más eficiente de utilizar estos insumos para maximizar los ingresos de los agricultores, es necesario cumplir con una determinada condición:

$$P_j \frac{\partial Q}{\partial X_t} = w; \quad j = 1, 2, 3, \dots \dots \dots n \text{ cultivos.}$$

La metodología de producción agrícola que se describe se basa en la evaluación de los requisitos de cada tipo de cultivo, teniendo en cuenta aspectos como las condiciones climáticas y otros detalles que se especifican de manera precisa:

$$Cultivo_{it} = f(m_{it}, x_{it}, z_{it}); \quad I = 1, \dots \dots N \text{ cultivos} \quad t = 1 \dots T \text{ periodos}$$

Este modelo es útil para examinar un cultivo particular a lo largo del tiempo. Una de las ventajas clave de estos modelos radica en su capacidad para proporcionar información sobre el rendimiento del cultivo desde una perspectiva física, biológica y económica. Esto se logra al tomar en consideración diversas variables observadas a lo largo del tiempo, las cuales capturan la variabilidad del

clima, incluyendo cambios en las temperaturas y patrones de precipitación. Además, estos modelos permiten la identificación de los umbrales críticos para variables climáticas, como temperaturas máximas y mínimas, así como niveles de precipitación (Saavedra, 2017).

Enfoque espacial

El enfoque espacial busca analizar los patrones de producción mediante el empleo de técnicas estadísticas. Dentro de las premisas que se tienen en cuenta, se incluye la suposición de que los productores tienen la disposición y la capacidad para adoptar nuevos sistemas de cultivo y variedades de cultivos de otras regiones; asimismo, se presupone que los cambios físicos y económicos que afectan a los cultivos y a los agricultores se llevan a cabo de forma automática. Esta última suposición hace que no sea necesario desarrollar modelos que describan las conductas de adaptación de los agricultores ante los costos de ajuste a corto y medio plazo. Este enfoque es apropiado para estimaciones de corte transversal, Los modelos inscritos dentro del enfoque espacial, tienen la desventaja, de ser altamente dependientes de la disponibilidad de información (Saavedra, 2017).

Este enfoque abarca una variedad de modelos, entre los que destacan los modelos Ricardianos, los modelos de Equilibrio General Computable, los modelos de sistemas de información geográfica y otros similares. De todos ellos, el modelo Ricardiano es ampliamente reconocido y utilizado. El modelo Ricardiano se fundamenta en la identificación de relaciones estadísticas entre factores climáticos e indicadores económicos. Una de las ventajas notables de este enfoque radica en que toma en cuenta de manera implícita la capacidad de los productores para adaptarse a las condiciones climáticas locales. Entre las desventajas, se encuentra que los precios de los alimentos y los precios de la producción de la finca son considerados constantes, y los factores, son claves que determinan la producción agrícola, tales como la disponibilidad de agua y la fertilización de carbono, generalmente no son considerados (Saavedra, 2017).

2.9. RELACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO

El índice de Relación C/N es una medida que evalúa la calidad del sustrato orgánico presente en el suelo. Este índice proporciona información sobre la

disponibilidad de nitrógeno para las plantas. Cuando este índice muestra valores elevados, indica que la materia orgánica se descompone de manera lenta. Esto sucede porque los microorganismos presentes en el suelo inmovilizan el nitrógeno, lo que significa que no está disponible para las plantas. Por otro lado, cuando la Relación C/N se encuentra en un rango de 10 a 14, esto sugiere una descomposición más rápida de los tejidos orgánicos. En esta situación, la actividad microbiana se ve estimulada, ya que hay suficientes nutrientes tanto para los microorganismos como para las plantas, lo que favorece su crecimiento y desarrollo. Además, la Relación C/N de bacterias y hongos del suelo es menor a 15, lo que implica que con valores bajos de C/N los microorganismos serán más eficientes en la descomposición de la materia orgánica (Gamarra et al.,2018).

2.10. POROSIDAD DEL SUELO

La porosidad del suelo es un factor importante en la infiltración, conductividad hidráulica y retención de agua, y describen la densidad aparente del suelo como unas de las principales propiedades que influyen en las variaciones espaciales de la humedad del suelo, las propiedades físicas del suelo que tienen un mayor efecto en la retención de agua del suelo, en una plantación de vida fueron el contenido de arcilla y la densidad aparente del suelo, asimismo el intercambio de bióxido de carbono y vapor de agua entre las hojas de las plantas y la atmósfera es regulada por los estomas; la relación de estos flujos determina, la eficiencia intrínseca del uso del agua (*EF*) y la productividad de las plantas, además, el balance de flujos de vapor de agua y bióxido de carbono, depende de las respuestas de los estomas a los cambios del ambiente y la sincronía de éstos con el mesófilo para la demanda de (CO_2) (Melendres et al.,2017).

2.11. AGRICULTURA SUSTENTABLE

De acuerdo con Salgado (2015) el criterio de agricultura sustentable, está sujeto a varios componentes, como, la vivencia que se tenga en ocupaciones de la agricultura, el razonamiento sobre las tecnologías y maneras de organización social que la distinguen, la escala de análisis y la urbe, el razonamiento sobre temas de nutrición y abasto, por lo general, las expresiones que tratan de poner

en claro, el término de agricultura sustentable, poseen interacción con las tres magnitudes que engloba el término de sustentabilidad, o sea, con las magnitudes social, económica y ambiental.

Viera (2020) menciona que, la finalidad que tiene la agricultura sustentable es la de crear una porción adecuada de alimentos para saciar la demanda presente y futura por medio de la utilización eficaz de los recursos naturales, con el objetivo de producir ganancias para el campesino, generar productos limpios y con menor efecto negativo al medio ambiente.

Por consiguiente, el mismo autor señala que, los pequeños cultivadores de todo el mundo, en especial los de territorios en desarrollo, combaten problemáticas en relación a las actividades agronómicas, como La disminución de los ingresos derivados de la venta de los productos recolectados debido a los bajos precios, el aumento en los costos de producción, la escasez de trabajadores capacitados en el sector agrícola, y el agotamiento de recursos naturales causado por la sobreexplotación del suelo y el uso excesivo de productos químicos, así como los impactos del cambio climático, representan desafíos significativos para la agricultura.

2.11.1. IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA SUSTENTABLE

La importancia de la agricultura sustentable no reside en el rendimiento corporativo, sino que se habla de hacer conciencia sobre el maltrato que se le causa al planeta que nos posibilita vivir, por ende, dicha agricultura debería asegurar la estabilidad alimentaria mundial y paralelamente impulsar hábitats saludables y auxiliar la administración sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015).

2.11.2. SUSTENTABILIDAD EN SISTEMAS ASOCIADOS

Los sistemas agrícolas van a ser sustentables si se consigue una estabilización, entre la utilización de los recursos naturales y la producción, en la cuales tienen que añadir las tecnologías de insumos que integran la utilización de agroquímicos y maquinarias con tecnologías de procesos generalmente de bajo precio y asociadas al funcionamiento, por lo tanto, se logrará mantener los

recursos productivos, conservar el medio ambiente, alcanzar una producción de calidad, contestar a los requerimientos sociales y ser económicamente competitivos y rentables.

La intensificación sustentable da oportunidades para optimizar la producción agrícola por unidad de área, teniendo como importancia los diversos puntos de sustentabilidad, por lo cual, en forma de ejemplo se puede decir que, colocar plaguicidas en forma racional, plantar en fecha con las variedades idóneas, manipular los efluentes impidiendo peligros de contaminación, entre otras medidas, señalan que el incremento sustentable se encuentra asociada a la composición de tecnologías de insumos, costosas tanto en lo económico como en lo ambiental (Álvarez et al.,2015).

2.12. ANÁLISIS DE DATOS

Según Ortega (2022) enfatiza que, el análisis de datos se genera una vez que se recolecta y se descifra los datos con el fin de detectar patrones y tendencias, es decir que, si se tratase de una muestra de estudio de datos en sí mismo, esta se aproxima con un ángulo interpretativo, el cual es eficaz al momento de tomar resoluciones específicas.

2.12.1. USOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico, se emplea para examinar datos, como es el de analizar el reparto de valores para un carácter en especial. Otro de los usos, es abreviar los datos, puesto que, se hace por escalas, como es la de deducir la zona total en cada carácter de uso del suelo y, además, se tiene la posibilidad de generar recopilaciones espaciales, como también, calcular la altura promedio para cada cauce hidrográfico (ArcGIS, 2017).

2.13. EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

Viguera et al. (2017) Se puede afirmar que la agricultura se encuentra entre los sectores más vulnerables a los efectos del cambio climático a nivel global, debido a su alta sensibilidad a las variaciones en las condiciones climáticas, en particular a las alteraciones en las pautas de temperatura y precipitación; además, los

modelos climáticos anticipan modificaciones significativas en el clima en diversas regiones del planeta, lo que conlleva transformaciones notables en la temperatura, las precipitaciones y un incremento en la frecuencia y gravedad de fenómenos climáticos extremos, tales como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán un impacto directo en la producción agrícola y su distribución, lo que a su vez repercutirá en los precios de los productos, la cantidad producida y las modificaciones en los hábitos de consumo; no obstante, es importante destacar que estos fenómenos también afectarán la calidad de vida de las familias dedicadas a la agricultura.

Los mismos autores destacan que, las consecuencias en el sistema agrícola pueden variar en cada país dependiendo del clima, la topografía, el tipo de suelo, de cultivo, la reserva de agua y las interacciones entre los tipos de cultivos, ganado y árboles que los productores utilizan en sus plantaciones, además, las situaciones sociales y políticas, que influyen en las disposiciones de los productores y las acciones realizadas por los mismos y las comunidades, determinarán en última instancia la gravedad del impacto.

Arteaga y Burbano (2018) citan que, el secreto para adquirir variedades tenaces, ante el agotamiento climático es la biodiversidad, ya que, se pueden utilizar especies nativas, con genotipos tolerantes a condiciones climáticas extremas, estrategias de adaptación desarrolladas por comunidades indígenas, en países como México, Perú, Bolivia y otras comunidades andinas, se han establecido como cultivos tolerantes a la sequía y lluvias prolongadas el maíz, la papa, el pimiento, el frijol, la maracuyá, las habas, la cebolla, la oca, el olluco, la zanahoria y la quinua.

CAPÍTULO III. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.1. UBICACIÓN

La investigación se llevó a cabo en el sitio “El Polvar” del cantón Tosagua - Manabí situado geográficamente entre las coordenadas $0^{\circ}47'12.4''$ S $80^{\circ}14.084'$ En un área total del experimento de 1.512 m^2 ($63 \times 27 \text{ m}$). (Figura 1)



Figura 1. Mapa del área de estudio

Fuente: Google Earth

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo de investigación tuvo una duración de 12 meses, la cual se dividió en 2 etapas, la primera de 6 meses que es la planificación del proyecto y la segunda con los 6 meses restantes para la ejecución de esta.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

3.3.1. MÉTODO DEDUCTIVO-CUANTITATIVO

Este método fue utilizado para establecer afirmaciones de carácter global, generalizando los resultados a partir de la observación, lo que indica que se

analizó el problema para luego aplicarlo al tema de estudio referente a la asociación de algodón con cultivos alimenticios como estrategia agroecológica sostenible frente al cambio climático.

3.3.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO

Este método fue necesario para la recopilación, análisis y selección de la información extraída de los diferentes medios como revistas, artículos científicos, blog, libros, entre otros. Donde el paso del tiempo muestra una agricultura de conservación que mantiene e, incluso, incrementa las producciones, disminuyendo los costes de cultivo y tratando de atenuar los efectos perniciosos que las técnicas agrarias convencionales tienen sobre el medio ambiente. (Galareta, 1994).

3.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.4.1. OBSERVACIÓN

Se precisó aplicar la observación directa para corroborar las condiciones de suelo y la respectiva asociación de algodón con cultivos alimenticios como estrategia agroecológica ambiental, obteniendo la información necesaria para el óptimo desarrollo de los resultados.

3.4.2. ESTADÍSTICA

La técnica estadística se utilizó para realizar las figuras y análisis estadísticos de los resultados obtenidos en el estudio de la respuesta del algodón a la asociación con cultivos, con el fin de establecer diferencias significativas entre las variables empleadas

3.5. FACTOR DE ESTUDIO

Se estudió la respuesta del algodón a la asociación con cultivos alimenticios (maní, maíz-choclo y fréjol caupí), cultivados en parcelas que recibieron un programa de manejo tecnológico desarrollado por INIAP (población, fertilización, regulador de crecimiento y programa fitosanitario, que involucra el uso de sustancias de origen biológico y botánico, preferentemente), y adicionalmente,

se establecieron parcelas monocultivos de algodón, maní, maíz-choclo y fréjol caupí.

3.6. TRATAMIENTOS

Se evaluaron siete tratamientos (Tabla 1)

Tabla 1. Tratamientos

Trat.	Sistema	Distanciamiento en la parcela:		Población (pl ha ⁻¹)	
		Cultivo principal	Cultivo de asocio	Cultivo principal	Cultivo en asocio
1	Asociación algodón + Maní	Algodón Tres hileras dobles (1,0 x 0,3 m), separadas a 2 m	Maní: tres hileras (0,6 x 0,2m), entre las hileras dobles del algodón	Algodón 25.000	Maní 75.000
2	Asociación algodón + Maíz-choclo	Algodón Tres hileras dobles (1,0 x 0,3 m), separadas a 2 m	Maíz-choclo: dos hileras (0,8 x 0,3m), entre las hileras dobles del algodón	Algodón 25.000	Maíz-choclo 16.667
3	Asociación algodón + Fréjol caupí	Algodón Tres hileras dobles (1,0 x 0,3 m), separadas a 2 m	Fréjol caupí: tres hileras (0,6 x 0,4m), entre las hileras dobles del algodón	Algodón 25.000	Fréjol caupí 18.750
4	Monocultivo algodón	Hileras simples 1,0 x 0,3 m	--	Algodón 33.333	--
5	Monocultivo maní	Hileras simples 0,6 x 0,2 m	--	Maní 166.667	--
6	Monocultivo maíz-choclo	Hileras simples 0,8 x 0,3 m	--	Maíz choclo 41.667	--
7	Monocultivo fréjol caupí	Hileras simples 0,6 x 0,4 m	--	Fréjol caupí 41.667	--

Fuente: Elaboración propia.

3.7. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Tabla 2. Caracterización del campo experimental

Número de tratamientos	7
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	21
Distanciamiento:	
Algodón:	1,0 x 0,3 m
Maní:	0,6 x 0,2 m
Maíz-choclo	0,8 x 0,3 m
Fréjol caupí	0,6 x 0,4 m
Número de hileras/parcela (de acuerdo al sistema):	
Algodón asociado:	3 hileras dobles/parcela
Maní asociado:	6 hileras simples/parcela
Maíz-choclo asociado:	4 hileras simples/parcela
Fréjol caupí monocultivo:	6 hileras simples/parcela
Algodón monocultivo:	8 hileras simples/parcela
Maní monocultivo:	13 hileras simples/parcela

Maíz-choclo monocultivo:	10 hileras simples/parcela
Frejol caupí monocultivo:	13 hileras simples/parcela
Longitud de hilera:	6 m
Área de la parcela	48 m ² (8 x 6 m)
Área útil de la parcela:	De acuerdo al sistema
Número de sitios de siembra/hilera:	
Algodón:	20 sitios
Maní:	30 sitios
Maíz-choclo:	20 sitios
Frejol caupí:	15 sitios
Número de plantas/sitio (de acuerdo al cultivo):	
Algodón:	1
Maní:	2
Maíz-choclo:	1
Frejol caupí:	1
Separación entre parcela	2 m
Separación entre repeticiones	2 m
Área total del experimento:	1.512 m ² (63 x 27 m)

D **Fuente:** Elaboración propia.

3.8. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se condujo con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres repeticiones.

Tabla 3. Diseño experimental (DBCA)

Fuentes de variación		Grados de libertad
Total	$(t)(r)-1$	20
Repeticiones	$r-1$	2
Tratamientos	$(t-1)$	6
Error Experimental	$(r-1)(t-1)$	12

Fuente: Elaboración propia.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Antes de llevar a cabo el análisis de varianza, se procedió a verificar la normalidad de los datos utilizando la prueba de Shapiro-Wilk y se evaluó la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett. Para evaluar la influencia de los tratamientos bajo investigación, se realizaron comparaciones entre las medias de dichos tratamientos utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia establecido en $p \leq 0,05$. El análisis estadístico se efectuó utilizando el paquete "Agrícola e" dentro del entorno de software R Studio (R Core Team, 2020).

3.10. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Análisis de suelo: Antes de sembrar, se obtuvo una muestra de tierra para llevar a cabo un análisis físico-químico, y en función de estos resultados, se implementó un plan de fertilización acorde a los requerimientos de la planta cultivada.

Siembra: La siembra se realizó de forma manual, utilizando un espeque, sembrando el algodón y los cultivos de asociación al mismo tiempo. El distanciamiento se aplicó en función del tratamiento. Para el caso de los tres tratamientos en sistemas asociados con maní, maíz-choclo y frejol caupí, se utilizaron tres hileras dobles de algodón (1 x 0,3 m), separadas cada una a dos metros. En el mismo día se sembraron los cultivos de asocio (maní, maíz-choclo y frejol caupí), así como los cuatro tratamientos monocultivo usando los distanciamientos de algodón (1,0 x 0,3 m); maní (0,6 x 0,2 m), maíz-choclo (0,8 x 0,3 m) y frejol caupí (0,6 x 0,4 m.) Quince días después de la siembra (dds) de cada cultivo, se procedió al raleo, dejando una planta por sitio para algodón, maíz y frejol caupí y dos plantas/sitio para maní. Previo a la siembra, la semilla fue tratada con un fungicida y thiodicarb + imidacloprid (Semeprid) 25 mL /kg de semilla.

Control de malezas: Justo después de la siembra, se llevó a cabo la aplicación de un herbicida pre-emergente (4 litros por hectárea de pendimentalina) junto con un agente quemante (4 litros por hectárea de paraquat). Alrededor de 20 días después de esta fecha, se realizó una aplicación en post-emergencia utilizando el herbicida selectivo haloxyfop-R metilester (0,6 litros por hectárea de Verdict R EC). Más las deshierbas manuales durante el desarrollo del cultivo hasta el cierre de calle, mismas que fueron realizadas en dos ocasiones.

Control Fitosanitario: Se realizó en función de los resultados de las evaluaciones de plagas y enfermedades, que se efectuaron dos veces durante el desarrollo del experimento. Para su control, se utilizaron varias sustancias de distinta naturaleza, preferentemente botánico y biológico, aplicadas en rotación. Entre 15 a 20 dds, se realizó la aplicación en “drench” del fungicida clorotalonil (Daconil 720 SC, 3 g/L agua) + el insecticida tiametoxam (Actara®, 1 mL/L agua), para disminuir el impacto de hongos del suelo e insectos chupadores.

Fertilización: Se realizó basada en el análisis de suelo. Sin embargo, hay que considerar que, normalmente en algodón, la fertilización es fundamentalmente del tipo nitrogenada, elemento frecuentemente faltante en los suelos de Manabí. Se utilizó a los 20 y 45 dds, la mezcla de urea + YaraMila® (1:3); considerando la fluctuación en la densidad de plantas por hectárea al realizar los cálculos del volumen a aplicar, se procederá a distribuir la cantidad calculada en cada una de las parcelas correspondientes.

Regulador de crecimiento: Se efectuó la aplicación del regulador de crecimiento Cloruro de Mepiquat, en función del requerimiento de la planta, a partir de los 50 dds, que coincidió con la fase de botoneo e inicio de floración. Se utilizó la dosis de 300 mL ha⁻¹, con un gasto de agua de 600 L ha⁻¹, empleando una nebulizadora a motor. Se repitió una segunda aplicación 20 días después de la primera en la misma dosis antes citada, pero con un gasto de agua de 750 L ha⁻¹.

Cosecha: Se realizó en función de la madurez comercial de cada cultivo. En el caso del frejol caupí se efectuó a partir de los 60 dds, maíz-choclo a los 70 dds, maní a los 110 dds, tanto para el caso en asocio como monocultivo. La recolección del algodón se llevó a cabo en un entorno seco, eligiendo cuidadosamente los capullos limpios y esperando pacientemente a que alcanzaran su madurez antes de ser depositados en bolsas de algodón. Se consideró el momento adecuado para la cosecha cuando al menos el 50% de las cápsulas estaban completamente abiertas, a partir del día 140 después de la siembra. Se realizaron dos pases de cosecha.

3.11. MÉTODOS DE EVALUACIÓN

3.11.1. CULTIVO DE ALGODÓN

En cada parcela de algodón y utilizando la técnica de muestreo aleatorio simple (MAS), se marcaron aleatoriamente cinco plantas del área útil, donde se registraron las siguientes variables.

3.11.2. VARIABLES AGRONÓMICAS

Porcentaje de emergencia: Se registraron a los 7 y 14 dds, en el área útil de cada unidad experimental; para lo cual, se contabilizó número total de plantas emergidas y se lo relacionaron con el número de plantas esperadas en cada parcela.

Altura de planta (m): a partir de los 35 y hasta los 133 dds, se realizaron lecturas mensuales de la altura de planta (m). Este dato se tomó desde la superficie del suelo hasta el ápice de cada una de las cinco plantas marcadas, utilizando una regla graduada.

Diámetro del tallo (mm): a partir de los 49 hasta los 133 dds, se registró mensualmente el diámetro de tallo (mm). Este valor se lo tomó a una altura aproximada de 10 cm desde la base del suelo, usando un calibrador digital “vernier”.

Número promedio de ramas/planta: desde los 63 y hasta los 119 dds, se contabilizó una frecuencia mensual, el número total de ramas/planta, considerándose a partir de la primera rama vegetativa.

Número de ramas/planta arriba de la primera flor: el tiempo de registro de esta variable, dependió del comportamiento fenológico del algodón. Esto es, a partir del momento en que, al menos el 50% de la parcela haya emitido flores, lo cual sucedió entre los 70 a 80 dds, contando el número de ramas/planta, ubicadas arriba de la emisión de la primera flor en las plantas marcadas.

Longitud de entrenudos (cm): a partir de los 63 y hasta los 119 dds, se realizaron lecturas mensuales de la longitud de entrenudos (cm). Este dato se registró en los cinco entrenudos apicales de cada planta marcadas, con los cuales se obtuvo un promedio/planta.

Días al cierre de calle del cultivo: Para determinar esta medida, se llevaron a cabo registros bimensuales a partir del día 77 después de la siembra, tomando como referencia el momento en que el cruce de las ramas de las plantas con las de las líneas vecinas alcanzara un nivel superior al 75%, de manera que se

cubriera adecuadamente el espacio entre las filas de siembra, marcando así el cierre de la calle.

3.11.3. VARIABLE FISIOLÓGICA

Índice de clorofila: se realizaron evaluaciones mensuales entre los 77 y 119 dds, determinándose la lectura del contenido clorofílico en dos hojas por cada planta marcada. Para esto, se empleó el determinador clorofilímetro Minolta SPAD 502 plus™. Se escogió una hoja tierna completamente expandida y la quinta hoja apical (hoja madura). Estas mediciones se realizaron en horario entre las 11:00 am a 14:00 pm.

3.11.4. VARIABLES PRODUCTIVAS

Fecha de aparición del primer botón floral y número de botones florales/planta: Desde los 35 días después de la siembra (dds), se comenzó a observar y registrar la fecha en la que surgía el primer botón floral en la parcela. A partir de ese momento, y con una frecuencia quincenal, se realizó el conteo del número de botones florales por planta en las cinco plantas seleccionadas en cada parcela hasta aproximadamente los 77 días después de la siembra (dds).

Fecha de apertura de la primera flor y número de flores/planta: A partir de los 49 días después de la siembra (dds), con un registro quincenal, se tomaron nota de las fechas en que surgieron las primeras flores en la parcela. Desde ese punto en adelante, en las cinco plantas marcadas en cada parcela utilizada, se procedió a contar el número de flores por planta hasta llegar aproximadamente a los 105 días después de la siembra.

Fecha de inicio de formación de bellotas y número promedio de bellotas/planta: Desde el día 63 del estudio, con un intervalo de dos semanas, se anotó la fecha en que la primera bellota surgió en la parcela. A partir de ese punto en el tiempo, se procedió a contar el número de bellotas por planta en las cinco plantas identificadas en cada parcela hasta aproximadamente el día 119 del estudio.

Fecha de apertura de mota/parcela: quincenalmente desde 105 dds se registró la fecha de aparición del primer capullo en la parcela.

Rendimiento en kg/parcela y kg ha⁻¹: Durante los dos momentos planificados para la recolección de la cosecha, que tuvieron lugar aproximadamente a los 150 y 170 días después de la siembra (dds), se efectuó el registro del peso del algodón en su forma natural por parcela útil en kilogramos. Estos datos se sumaron para obtener un total de kilogramos por parcela, a partir del cual se calculó el rendimiento en kilogramos por hectárea. Además, utilizando esta información, se determinó la proporción de algodón recolectado en cada uno de los dos momentos de cosecha

Relación fibra-semilla: Después de la recolección, se tomó una muestra de 100 gramos de algodón en su estado natural, y se llevó a cabo el proceso de desmotado para discernir con precisión los pesos, en gramos, de las fibras y las semillas por separado. Utilizando estos datos, se calculó la proporción en porcentaje entre la fibra y las semillas.

3.11.5. MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES EN ALGODÓN

Incidencia de gusanos trozadores: A los 7 y 14 días después de la siembra, se realizó un registro en el área de cultivo de cada parcela para contabilizar tanto el número total de plantas emergidas como el número de plantas dañadas debido a la actividad de insectos del suelo, específicamente de los géneros *Agrotis* sp. y *Spodoptera* spp. Utilizando estos datos, se calculó el porcentaje de daño causado por estas plagas en los cultivos de algodón.

Incidencia de enfermedades: Durante el mismo período mencionado anteriormente, se realizó un análisis de la existencia de plantas afectadas por hongos presentes en el suelo dentro de la zona utilizada en cada parcela. Además, durante la fase de desarrollo de las bellotas, se llevó a cabo un registro del número de bellotas que mostraban signos de enfermedad.

Incidencia otros artrópodos plaga y benéficos: desde los 35 dds con una frecuencia mensual hasta los 119 dds, se realizó la evaluación de la presencia de los principales artrópodos-plaga y benéficos, en cada unidad experimental. Para el efecto se utilizó el método de muestreo absoluto por planta, registrando en las cinco plantas marcadas, el número de especímenes de artrópodos-plaga y benéficos en tallo, hojas, flores y frutos. Los resultados de estas evaluaciones

servieron también para la toma de decisión de los respectivos controles fitosanitarios (Vera, 2017).

3.11.6. CULTIVOS DE ASOCIACIÓN (MANÍ, MAÍZ-CHOCLO Y FREJOL CAUPÍ)

3.11.6.1. VARIABLES AGRONÓMICAS Y FISIOLÓGICAS

Porcentaje de germinación: a los 7 y 14 dds, se registró en el área útil de cada unidad experimental, el número total de plantas emergidas de maní, maíz-choclo y frejol caupí, con lo cual se calculó el porcentaje de germinación.

Cierre de calle del cultivo: Para determinar esta característica, se llevaron a cabo registros semanales desde el día 40 después de la siembra, definiendo la fecha en la que las ramas de las plantas en crecimiento se entrelazaron con las de las plantas vecinas en más del 75% de su extensión, abarcando de esta manera todo el espacio disponible en el terreno.

3.11.6.2. VARIABLE FISIOLÓGICA:

Índice de clorofila (pigmentos fotosintéticos): se realizaron evaluaciones en dos momentos. Para el caso del maní, se efectuó a los 40 y 80 dds, maíz-choclo a los 40 y 70 dds, mientras que en frejol caupí a los 40 y 60 dds. se utilizó la misma metodología antes descrita para algodón.

3.11.6.3. VARIABLES PRODUCTIVAS:

Número de vainas de maní/planta: una vez cosechado, se escogieron aleatoriamente 10 plantas/parcela y de las cuales, se obtuvo el promedio de vainas/planta.

Rendimiento de maní en kg/parcela y kg ha⁻¹: se registró el peso total en kilogramos de las vainas cosechadas en la parcela y se transformó a kg ha⁻¹.

Rendimiento de maíz-choclo en kg/parcela y kg/ha (1 almud = 150 choclos): para el efecto, se obtuvo el número total de mazorcas por parcela y luego se dividió para 150, obteniéndose así el número de almud por parcela y por hectárea.

Rendimiento de vainas verdes en mazos/parcela y mazos/ha (mazos = 20 vainas): Para el efecto se obtuvo el número total de vainas por parcela y por cosecha. Posteriormente, se acumuló el número de vainas/parcela y se dividió para 20, obteniéndose así el número de mazos/parcela y por hectárea.

3.11.6.4. MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES:

Incidencia de gusanos trozadores: A los 7 y 14 días después de la siembra, se anotaron en la superficie de cada parcela la cantidad total de plantas de cultivos de asociación que habían brotado y el número de plantas afectadas por la actividad de insectos de las especies *Agrotis* sp. y *Spodoptera* spp. Utilizando estos datos, se calculó el grado de afectación por estas plagas en cada cultivo.

Incidencia de artrópodos: a partir de los 40 dds y con una frecuencia mensual se realizó la evaluación de la presencia de los principales artrópodos-plaga y benéficos en cinco plantas de cada unidad experimental. Dicha información fue registrada en planillas y utilizada como en el caso de algodón, para decidir el momento oportuno de una práctica de control.

3.12. PROCEDIMIENTOS

FASE I. ESTABLECER LA RESPUESTA AGRONÓMICA, FITOSANITARIA Y PRODUCTIVA DE LA VARIEDAD DE ALGODÓN BRS-336 A VARIOS SISTEMAS DE ASOCIACIÓN CON CULTIVOS ALIMENTICIOS BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA ALGODONERA DE MANABÍ

Actividad 1. Localización y medición del área de estudio

Se realizó una visita de campo al sitio “El Polvar” en Tosagua para poder constatar la existencia de un terreno apropiado para poder realizar la siembra de semillas de algodón, maní, maíz-choclo y frejol caupí y así se seleccionó el área exacta de trabajo donde se ejecutó el proyecto de investigación.

Actividad 2. Análisis de las Variables Agronómicas, fisiológicas, fitosanitarias y productivas del algodón

Para esta actividad se registraron las variables agronómicas, fisiológicas y productivas del algodón evaluadas.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), con la finalidad de realizar una prueba estadística a las variables del trabajo de investigación, ya que el mismo análisis permitió establecer la diferencia significativa entre las variables seleccionadas. (TIBC, 2020).

FASE II. ESTIMAR LOS ÍNDICES DE SOSTENIBILIDAD DE LA ASOCIACIÓN DE ALGODÓN CON CULTIVOS ALIMENTICIOS COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Actividad 3: Caracterización, definición e interpretación de indicadores de la dimensión ambiental.

Considerando la metodología propuesta por Pinedo et al. (2020) se establecieron los indicadores y subindicadores (tabla 4) de la dimensión ambiental a evaluar; posterior a esto, se utilizó una ficha de indicadores (**anexo 2**), la que contiene la definición del indicador y subindicador desde términos teóricos, así como la manera en la que se interpretó, esto con el fin de formar una base conceptual sobre los indicadores y conocer cuál es el fundamento bajo el cual se van a aplicar.

Tabla 4. Indicadores y subindicadores de la sostenibilidad

Indicador	Subindicador
Conservación de la vida del suelo (COVISU)	Diversificación de cultivos (DICUL)
	Aplicación de Materia Orgánica (MAOR)
	Preparación de terreno (PETRE)
Riesgo de erosión (RIESER)	Cobertura Vegetal (CONVA)
Manejo de la Biodiversidad (MABDV)	Uso de semilla de calidad (USECA)
	Manejo de plagas/ enfermedades (MAPLA)

Fuente: (Pinedo et al., 2020)

Actividad 4: Indicadores, subindicadores, y escala de valoración de sostenibilidad ambiental en porcentaje.

En esta actividad se establecieron los indicadores y subindicadores a partir de la ficha elaborada en el apartado anterior y agregándole los subindicadores determinados a partir de la interpretación de los indicadores iniciales, además, se determinaron escalas de valoración para cada subindicador (**anexo 3**) y umbrales mínimos y máximos de sostenibilidad, estos ayudaron a determinar estadísticamente el grado de sostenibilidad ambiental del cultivo.

Tabla 5. Indicadores, subindicadores y escala de valoración de sostenibilidad

Indicador	Subindicador
A. Conservación de la vida del suelo (COVISU)	A1. Diversificación de cultivos (DICUL)
	A2. Aplicación de Materia Orgánica (MAOR)
	A3. Preparación de terreno (PETRE)
B. Riesgo de erosión (RIESER)	B2. Cobertura Vegetal (CONVA)
	C1. Uso de semilla de calidad (USECA)
C. Manejo de la Biodiversidad (MABDV)	C2. Manejo de plagas/ enfermedades (MAPLA)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FASE I. ESTABLECER LA RESPUESTA AGRONÓMICA, FITOSANITARIA Y PRODUCTIVA DE LA VARIEDAD DE ALGODÓN BRS-336 A VARIOS SISTEMAS DE ASOCIACIÓN CON CULTIVOS ALIMENTICIOS BAJO LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA ALGODONERA DE MANABÍ

Actividad 1. Localización y medición del área de estudio.

Se ejecutó el proyecto de investigación en el sitio “El Polvar” perteneciente al cantón Tosagua, constatándose la existencia de un terreno apropiado para realizar la siembra de semillas de algodón, maní, maíz-choclo y frejol caupí. Finalmente se dejó delimitada el área de trabajo con un total de 1.512 m² (63x27m).

Actividad 2. Análisis de las variables agronómicas, fisiológicas, fitosanitarias y productivas del algodón.

VARIABLES AGRONÓMICAS

La figura 2 muestra el porcentaje de emergencia donde el resultado algodón+maní sobresale en la superficie del suelo, posterior a la germinación de las semillas.

Deben escribir sobre la figura 2, se refiere al porcentaje de emergencia.

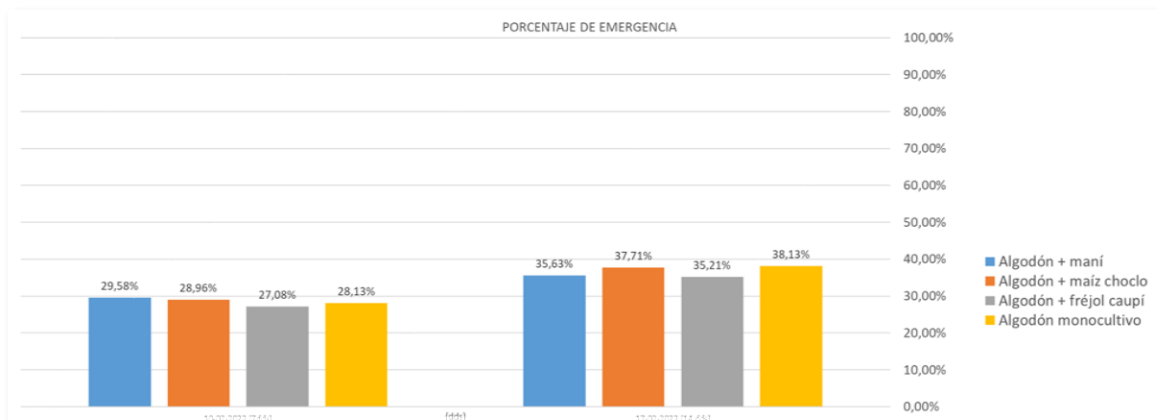


Figura 2. Porcentaje de emergencia

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la altura de la planta como se observa en la figura 3, la asociación Algodón + maní posee un incremento constante en la altura a medida que transcurren los días después de la siembra.

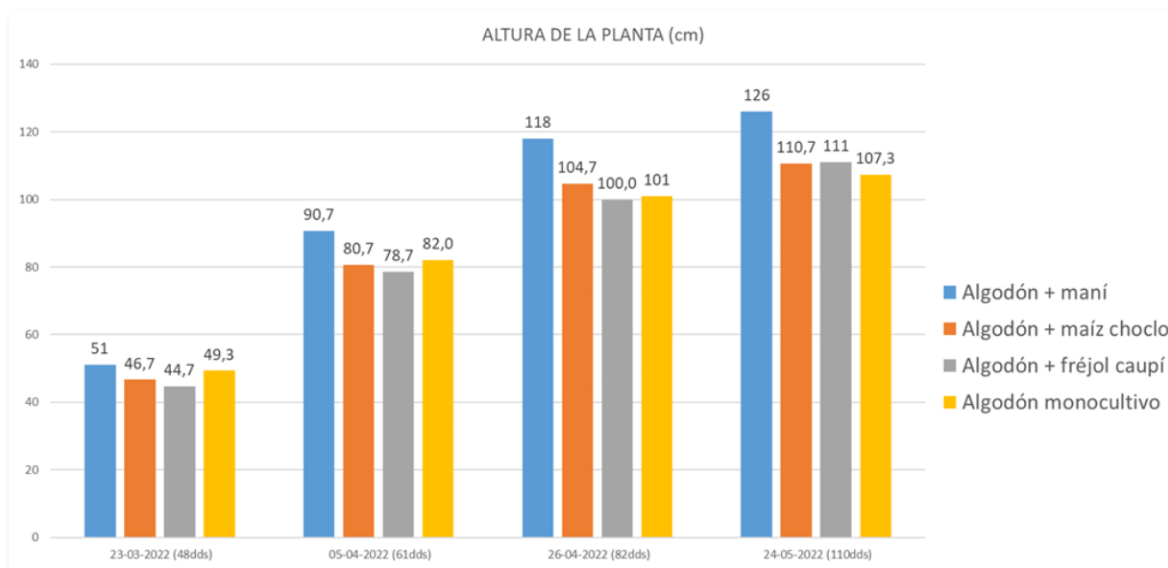


Figura 3. Altura de la planta (cm)

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la presente variable agronómica se puede observar que a medida que transcurren los días la asociación del algodón + maní va incrementando en diámetro su tallo con respecto a las demás asociaciones (Figura 4).

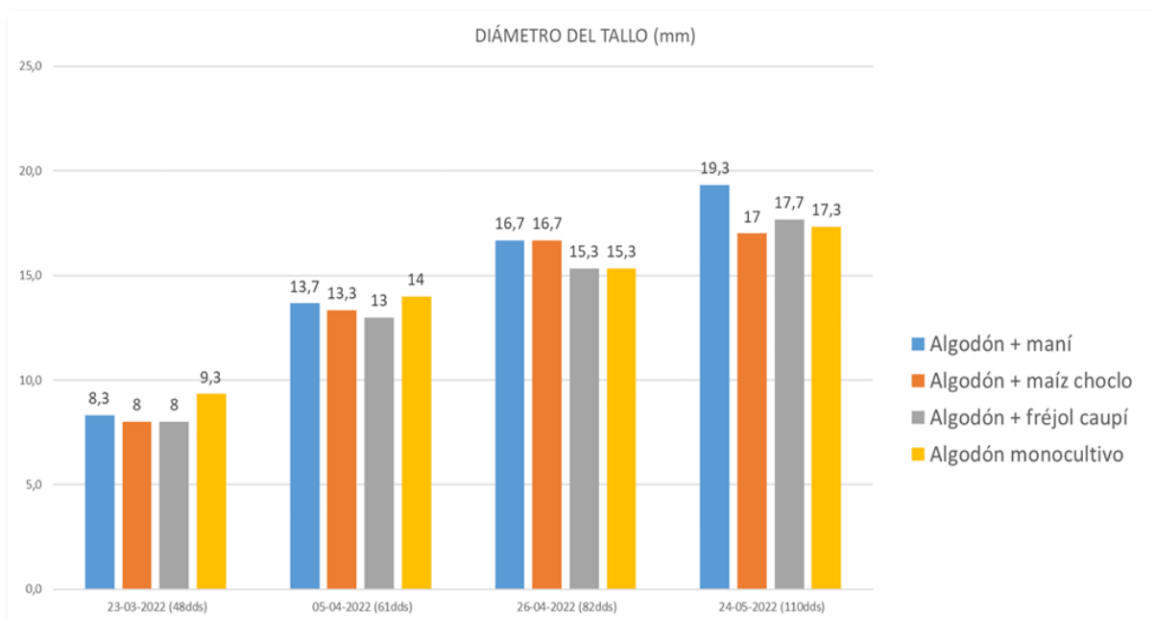


Figura 4. Diámetro del tallo

Fuente: Elaboración propia.

En la variable respecto al número promedio de ramas/planta, como se observa en la figura 5, la asociación algodón + maní y algodón + fréjol caupí suele presentar un aumento en el número de ramas con el transcurso de los días manteniéndose en auge.

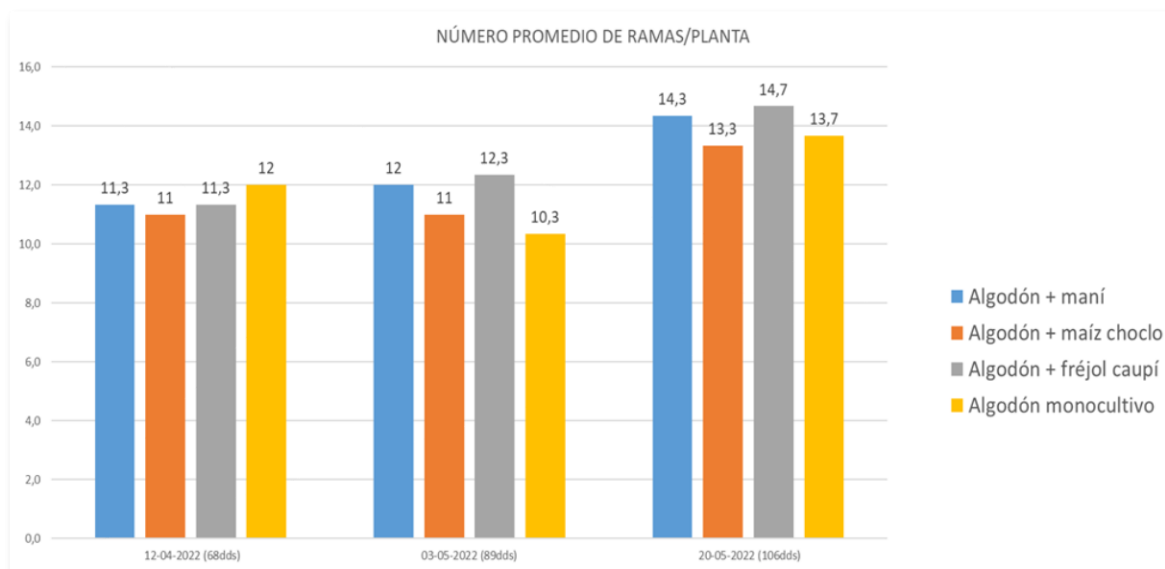


Figura 5. Número de promedio de ramas/planta

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a número de ramas/planta arriba de la primera flor podemos observar que no existe una marcada diferencia entre uno y otro cultivo asociado y monocultivo, en la que la asociación algodón + fréjol caupí es quien llevaría la ligera ventaja con respecto al resto en número de ramas (Figura 6).

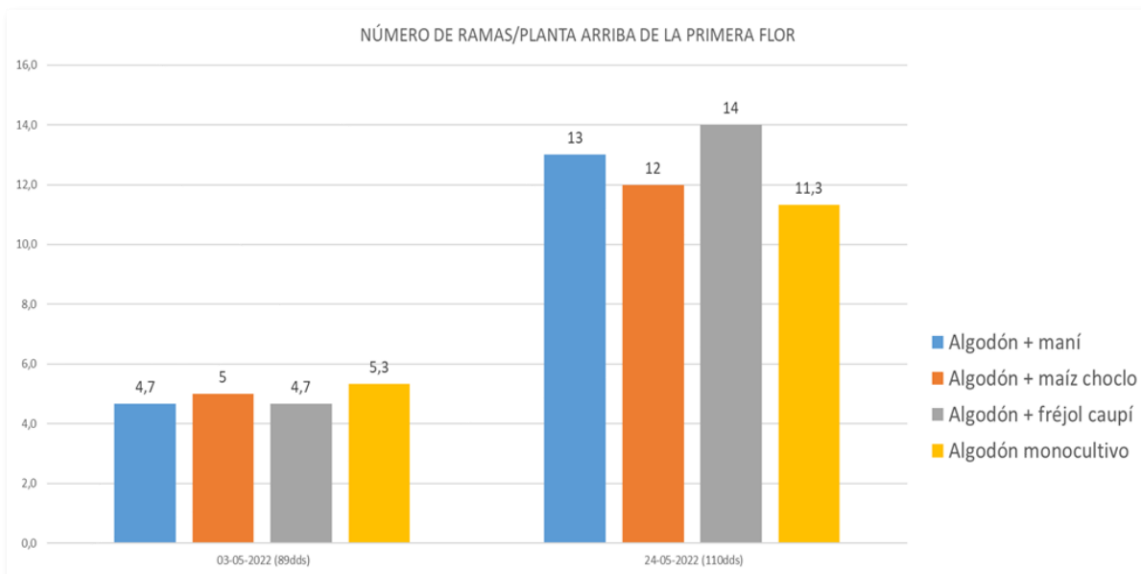


Figura 6. Número de ramas/planta arriba de la primera flor
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7 se muestran los resultados sobre la longitud de entrenudos, donde se puede observar que a los 61 dds. los entrenudos de la asociación Algodón + maíz choclo suelen ser mayores en longitud con respecto a los demás.

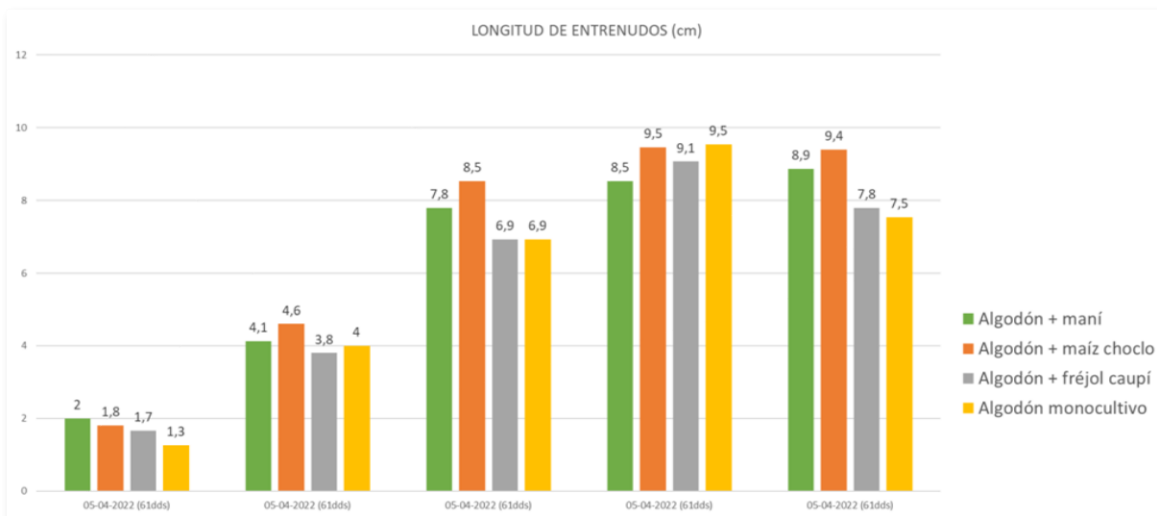


Figura 7. Longitud de entrenudos (cm)
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los 89 dds. existe una similitud en la longitud de entrenudos tanto en los cultivos asociados como en el monocultivo (Figura 8).

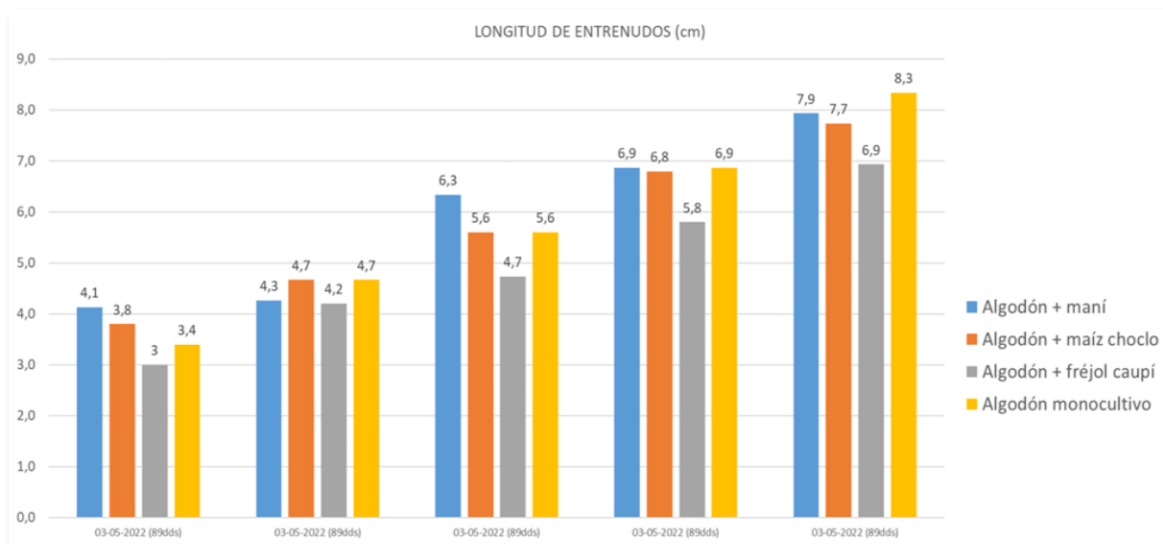


Figura 8. Longitud de entrenudos (cm)
Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES FISIOLÓGICAS

En la figura 9 se observa que en ambas hojas (tierna y madura) existe un incremento del contenido clorofílico con el transcurso de los días, lo que muestra una condición saludable en la planta.

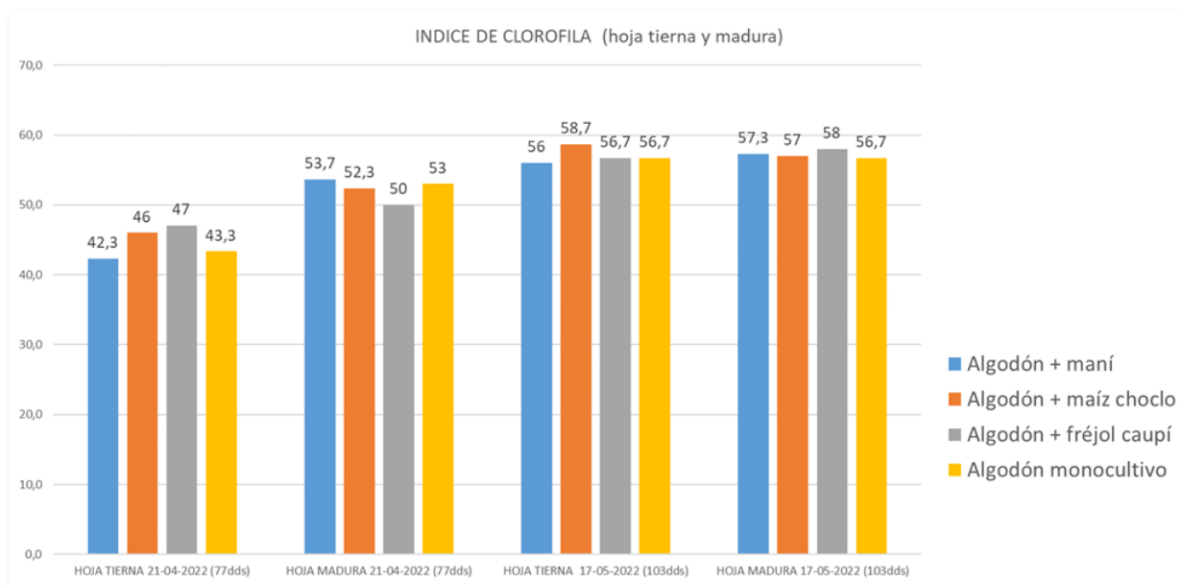


Figura 9. Índice de clorofila
Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES PRODUCTIVAS

Se observa en la figura 10 que existe un aumento del número de botones florales en los diferentes cultivos con el transcurso de los dds. independientemente de la variedad y de la dosis de fertilización.

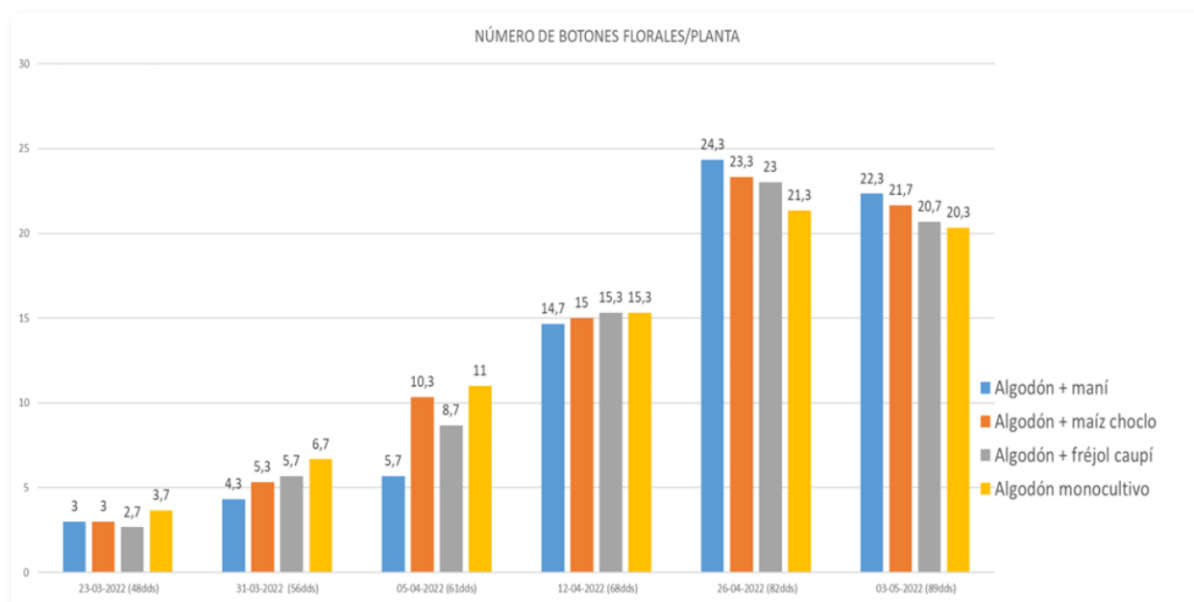


Figura 10. Fecha de aparición del primer botón floral y número de botones florales/planta

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al número de flores/planta se puede observar que la asociación Algodón + maíz choclo presenta un mayor número de flores al transcurrir los 89 dds. en donde llega su pico más alto. Luego de este tiempo su cantidad disminuye notoriamente (Figura 11).

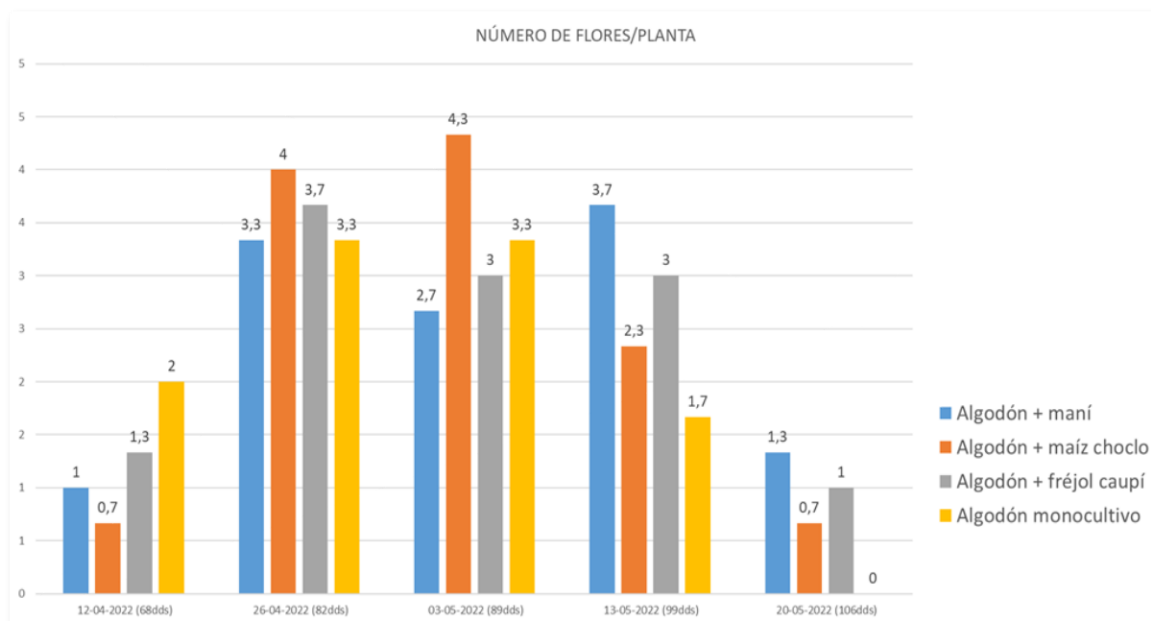


Figura 11. Fecha de apertura de la primera flor y número de flores/planta

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al número de bellotas por planta en las diferentes asociaciones no existe una marcada diferencia entre uno y otro, tomando en cuenta que la asociación de Algodón + maíz choclo presente el mayor número de bellotas en las diferentes tomas respectivas, como se muestra en la figura 12.

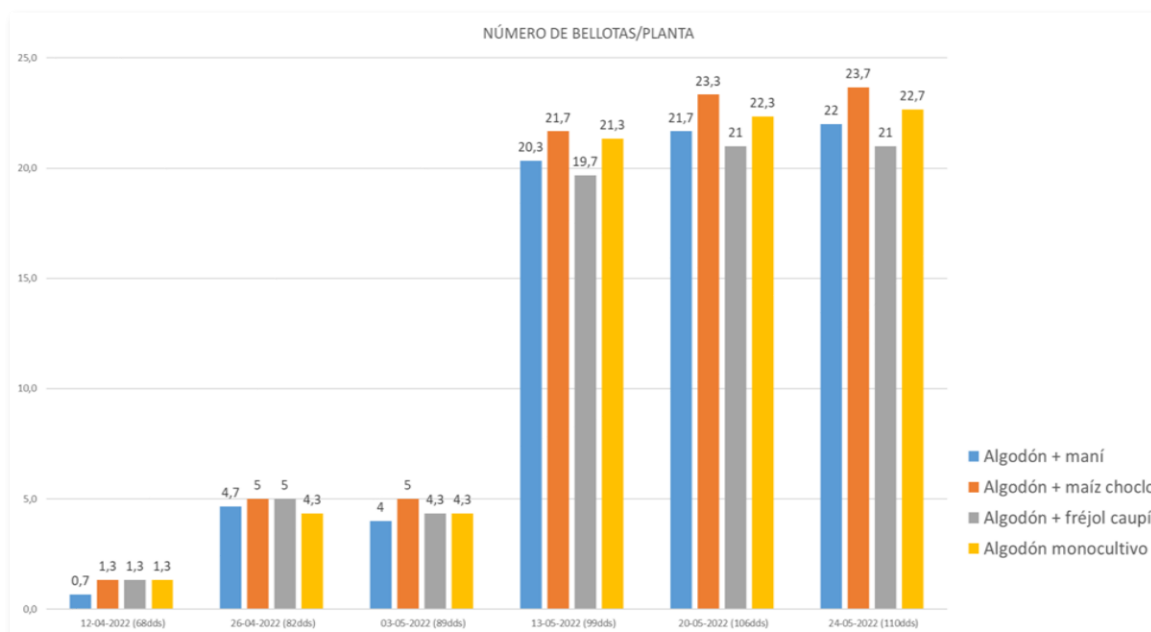


Figura 12. Fecha de inicio de formación de bellotas y número promedio de bellotas/planta

Fuente: Elaboración propia.

MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES EN ALGODÓN

Existe una baja incidencia de gusanos trozadores, por lo tanto, un mínimo de plantas trozadas con respecto a plantas emergidas, en la que se presenta una leve incidencia mayor en el monocultivo de algodón (Figura 16) y la incidencia más baja en la asociación Algodón + maní (Figura13). Como lo expone Ñañez (2012), Una de las afecciones más frecuentes se origina debido a los ataques intensos e incontrolados de gusanos trozadores o cogolleros, que pueden perjudicar la eficiencia productiva, ya sea por la disminución de la superficie de las hojas o por los perjuicios directos que causan en las estructuras de reproducción, como los brotes, las flores y las cápsulas. Asimismo, las heridas provocadas por estos insectos representan una vía de entrada para numerosos patógenos relevantes en el cultivo.

Esta baja incidencia de gusanos trozadores se vio influenciada por la aparición de arañas como agente benéfico para el cultivo (Tabla 21 y 22), puesto como menciona la FAO Las arañas pueden ayudar a controlar las plagas voraces, tales como los insectos herbívoros, como los áfidos, las orugas y los gorgojos, que destruyen aproximadamente una quinta parte de la producción mundial de cultivos cada año. pero las prácticas agrícolas convencionales (por ejemplo, la labranza, la eliminación de residuos de cultivos y el monocultivo) pueden dañar o reducir drásticamente estos agentes beneficiosos de control biológico.

En un estudio realizado por Sotelo et al (2022), no se determinó significación estadística en ninguno de los factores e interacciones en estudio con respecto a esta variable. Esto se debió posiblemente, a que toda la semilla recibió el mismo tratamiento previo a la siembra. En concordancia con lo realizado por Sotelo, en nuestra investigación se observó un leve aumento de plantas trozadas de los 7 a los 14 dds, y por consiguiente una disminución a los 22 dds en todos los tratamientos en estudio, no existiendo una diferencia significativa en ninguno de los factores.

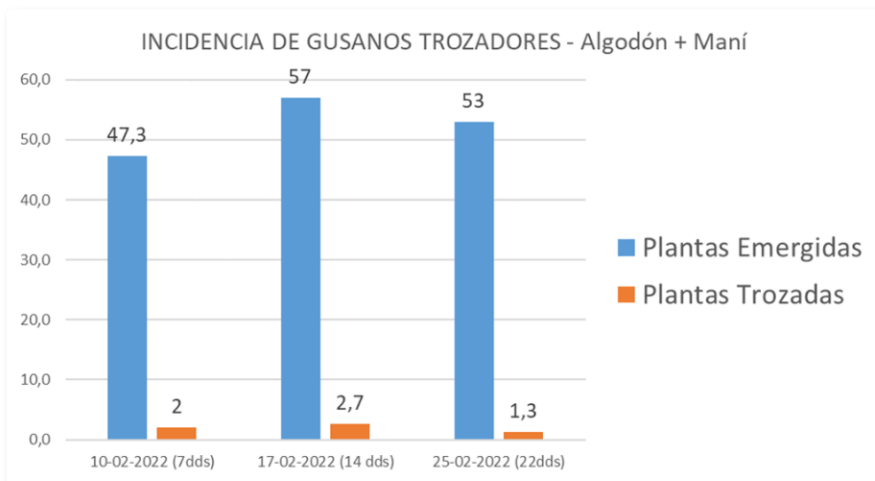


Figura 13. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón + maní
Fuente: Elaboración propia.

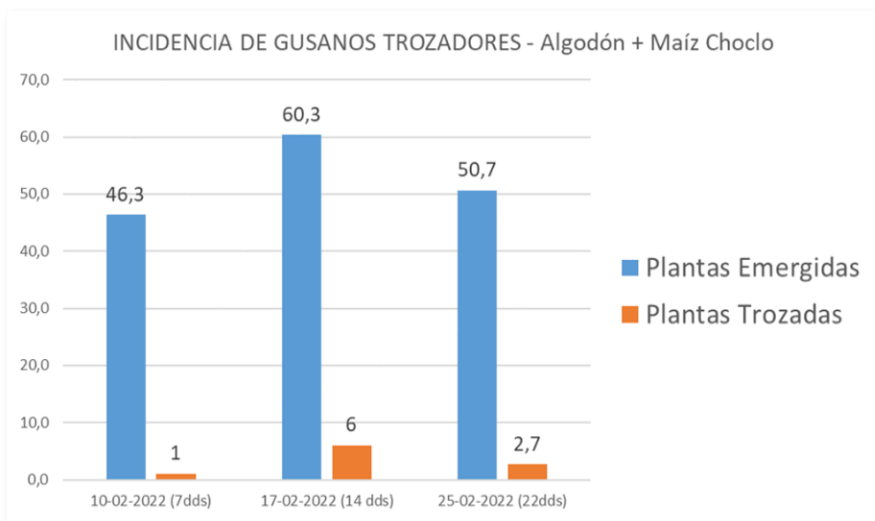


Figura 14. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón + maíz choclo
Fuente: Elaboración propia.

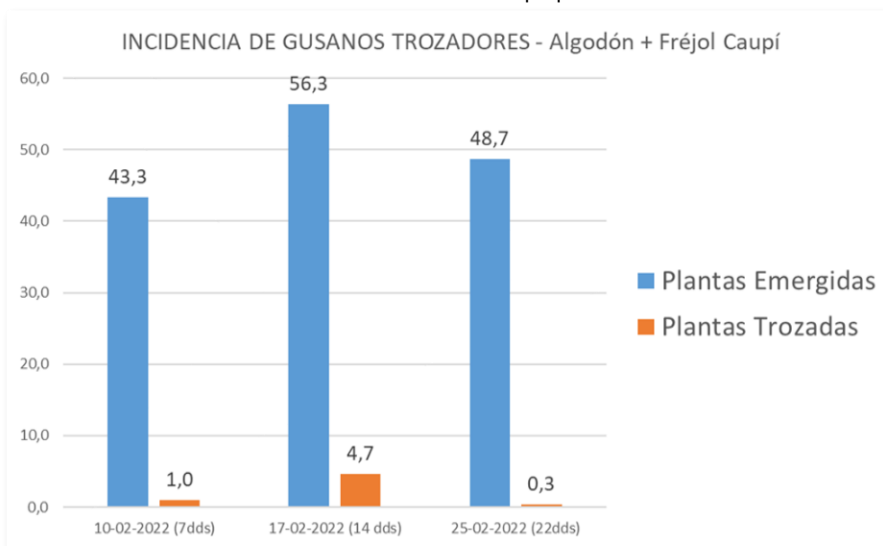


Figura 15. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón + fréjol caupí

Fuente: Elaboración propia.

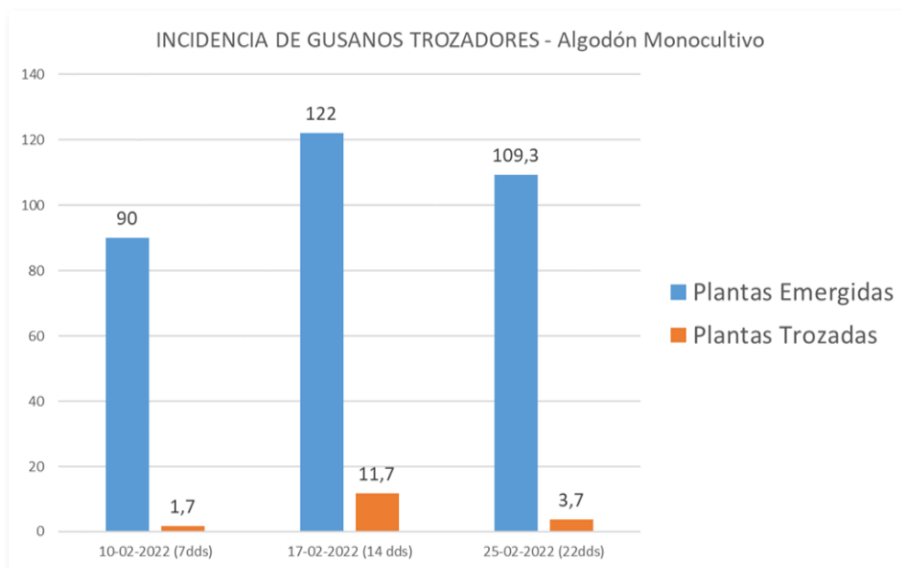


Figura 16. Incidencia de gusanos trozadores, Algodón monocultivo

Fuente: Elaboración propia.

ACTIVIDAD 3. ANÁLISIS DE VARIANZA

Se realizó el respectivo análisis de varianza para las variables a medir.

VARIABLES AGRONÓMICAS

Con respecto a la variable porcentaje de plantas emergidas, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, se observa en la tabla 6, que a los 22 días después de la siembra el tratamiento correspondiente a algodón monocultivo posee un mayor porcentaje de emergencia con respecto a los demás tratamientos, teóricamente esto se traduce que, a mayor porcentaje de emergencia mayor vigor de la semilla, en un análisis comparativo no existe diferencias significativas en los registros del % de emergencia a los 7 días en los tratamientos planteados ($0,99 > 0,05$); de la misma manera sucede en el día 14 ($0,48$); por lo que, a nivel estadístico, no se observa una marcada disparidad entre tratamientos. (tabla 6)

El Bajo porcentaje de emergencia en este trabajo difieren a lo encontrado por Montero 2023 y Cañarte 2020, quienes manifiestan que el porcentaje de emergencia encontrado por ellos fue de 78 y 58% respectivamente, esto se debe al poder recalcitrante de la semilla de algodón que provoca pérdida del poder germinativo. así mismo para autores como García et al (2016) en su trabajo sobre “Técnicas para

evaluar germinación, vigor y calidad fisiológica de semillas sometidas a dosis de “Nanopartículas” establecen que el vigor en semillas considera parámetros que están asociados con la emergencia en campo y que determinan en gran medida la calidad de las semillas. de igual manera, Gil y López en su trabajo de “Características germinativas de semillas del algodón nativo, *Gossypium sp.*, de fibra verde, lila y marrón” mencionan que el porcentaje de emergencia se relaciona con el buen comportamiento a la clase de semillas, siendo característico de los cultivos de mayor domesticación los cuales evidencian mayor vigor de la semilla.

Tabla 6. % emergencia

TRATAMIENTOS	% EMERGENCIA		
	7 dds Prom.	14 dds Prom.	22 dds Prom.
Algodón + maní	28,33	34,17	35,83
Algodón + maíz choclo	28,96	31,67	37,71
Algodón + fréjol caupí	25,21	32,29	35,21
Algodón monocultivo	28,13	34,17	38,13
C.V.	18,53	17,73	17,71
p:	0,99	0,48	0,99

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la variable altura de planta, se observa que a los 48 y 61 dds no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, a partir de los 82 dds se encontraron diferencias en esta variable (tabla 7) cabe mencionar que, a los 82 y 110, la planta con mayor altura correspondió al tratamiento algodón más maní.

Para lo cual Gaytán et al (2004), manifiestan que, el espaciamiento entre surcos afecta la altura de planta, con un mayor crecimiento cuando se sembró en surcos de 76 cm (testigo), y en surcos de 90 cm sembrados a doble hilera que cuando se siembra en surcos de 50 cm; Así mismo concuerda Ramírez et al (2012) que tanto la altura de planta, el número de ramas fructíferas y el total de bellotas por planta, disminuyen a medida que se acorta la distancia entre surcos.

Tabla 7. Altura de la planta

TRATAMIENTOS	48 dds	ALTURA DE LA PLANTA (cm)		
		61 dds	82 dds	110 dds
Promedios				
Algodón + maní	51,00	90,67	118,00 a	126,00 a
Algodón + maíz choclo	46,67	80,67	104,67 ab	110,67 b

Algodón + fréjol caupí	44,67	78,67	100,00 b	111,00 b
Algodón monocultivo	49,33	82,00	101,00 b	107,33 b
C.V.	7,75	7,72	4,78	4,17
p:	0,02	0,15	0,52	0,71

Fuente: Elaboración propia.

El diámetro del tallo en los diferentes tratamientos no tuvo variación según los resultados obtenidos mediante el análisis de la varianza, lo cual se mantuvo en cada toma de medida, realizada mensualmente ($p \Rightarrow 0,05$) (tabla 8)

En estudio realizado por Espinoza y Rivas (1994) con cultivos de algodón en asociación con cultivos no se encontró diferencias significativas en el diámetro del tallo, debido a que la población de plantas para las rotaciones era similar, produciendo mínima competencia intraespecífica.

Tabla 8. Diámetro del tallo

TRATAMIENTOS	DIÁMETRO DE TALLO (mm)			
	48 dds	61 dds	82 dds	110dds
	Promedios			
Algodón + maní	8,33	13,67	16,67	19,33
Algodón + maíz choclo	8,00	13,33	16,67	17,00
Algodón + fréjol caupí	8,00	13,00	15,33	17,67
Algodón monocultivo	9,33	14,00	15,33	17,33
C.V.	12,05	12,4	11,17	13,61
p:	0,86	0,46	0,77	0,98

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 9, no existieron diferencias significativas en el número de ramas por planta en los días 68, 89 y 106.

Tabla 9. Número de ramas por planta

TRATAMIENTOS	# RAMAS/PLANTA		
	68 dds	89 dds	106 dds
	Promedios		
Algodón + maní	11,00	12,33	15,67
Algodón + maíz choclo	10,33	11,33	14,33
Algodón + fréjol caupí	11,33	12,33	14,67
Algodón monocultivo	11,00	12,00	15,00

C.V.	10,01	12,02	16,83
p:	0,16	0,10	0,99

Fuente: Elaboración propia.

No existieron diferencias significativas respecto al número de ramas arriba de la primera flor, tanto en el día 89 como en el día 110.

Tabla 10. Número de ramas arriba de la primera flor

TRATAMIENTOS	# RAMAS ARRIBA DE PRIMERA FLOR	
	89 dds	110 dds
	Promedios	
Algodón + maní	10,67	13,67
Algodón + maíz choclo	8,00	9,67
Algodón + fréjol caupí	9,67	13,33
Algodón monocultivo	8,67	13,67
C.V.	20,00	11,47
p:	0,54	0,52

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, no se evidenciaron diferencias significativas respecto a la variable longitud de entrenudos (cm) a los 61 y 106 días (tabla 11).

En lo que respecta a la longitud de entrenudos Cadena (2002) en su trabajo sobre “Manejo fisiológico del cultivo de algodón” establece que en fase juvenil la planta debe haber alcanzado una altura que depende de la variedad, pero que debe estar entre los 56 y 64 cm. Es decir que en promedio cada entrenudo debe tener una longitud de entre 3.5 cm y 4.6 cm. Esto es lo que se conoce como la relación altura/número de nudos, permitiendo de esta manera determinar si el cultivo está creciendo o no. En cuanto para la fase reproductiva el objetivo es mantener la longitud de entrenudos entre 4 y 5 cm para obtener plantas de aproximadamente 100 cm de altura, observando la teoría se determinó que tanto en el algodón monocultivo y asociaciones existe una elevada longitud de entrenudos variando entre 4 y 6 cm en fase reproductiva. Se estima que algunos factores pueden alterar esta relación como son: sequía, encharcamientos, fuertes ataques de insectos y pérdida de estructuras reproductivas, niveles excesivos de nitrógeno, entre otros.

Tabla 11. Longitud de entrenudos (cm)

TRATAMIENTOS	LONGITUD DE ENTRENUDOS (cm)		
	61 dds	89 dds	106dds
	Promedios		
Algodón + maní	6,27	5,91	4,89

Algodón + maíz choclo		6,76	5,72	5,39
Algodón + fréjol caupí		6,11	4,93	4,59
Algodón monocultivo		5,85	5,77	5,08
	C.V.	8,52	14,06	13,67
	p:	0,77	0,36	0,14

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 12, hubo mayor cierre de calles en las asociaciones de algodón más maní choclo y algodón más frejol caupí; aunque no se determinaron diferencias significativas a nivel de todos los tratamientos ($p > 0,05$).

Tabla 12. Días al cierre de calle del cultivo

TRATAMIENTOS	DÍAS AL CIERRE DE CALLE	
	Promedios	
Algodón + maní		72,67
Algodón + maíz choclo		75,00
Algodón + fréjol caupí		75,00
Algodón monocultivo		70,33
	C.V.	7,63
	p:	0,66

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES FISIOLÓGICAS

Como se observa en la tabla 13, se determinó diferencias significativas en las variaciones en el índice de clorofila al día 103, ($p = 0,03$).

Tabla 13. Índice de clorofila hoja tierna

TRATAMIENTOS	ÍNDICE DE CLOROFILA-HOJA TIERNA	
	77 dds	103 dds
	Promedios	
Algodón + maní	42,33	56,00
Algodón + maíz choclo	46,00	58,67
Algodón + fréjol caupí	47,00	56,67
Algodón monocultivo	43,33	56,67
C.V.	8,83	7,76
p:	0,17	0,03

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, no se establecieron diferencias significativas en el índice de la clorofila determinada en las hojas maduras ($p > 0,05$).

Los valores de índice de Clorofila obtenidos por Rosolem et al. (2010). en las etapas de crecimiento de los 65 a 86 DDS para obtener el mayor rendimiento fueron las 48 unidades, por lo que se establecería una similitud en cuanto a rendimiento relacionado con los índices de clorofila obtenidos en la investigación.

Tabla 14. Índice de clorofila hoja madura

TRATAMIENTOS	ÍNDICE DE CLOROFILA-HOJA MADURA	
	77 dds	103 dds
	Promedios	
Algodón + maní	53,67	57,33
Algodón + maíz choclo	52,33	57,00
Algodón + fréjol caupí	50,00	58,00
Algodón monocultivo	53,00	56,67
C.V.	2,9	5,21
p:	0,78	0,70

Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES PRODUCTIVAS

En la tabla 15 se observa que no hubo significancia en el número total de botones florales por planta entre los tratamientos planteados ($p > 0,05$).

Existe un aumento del número de botones florales en los diferentes cultivos con el transcurso de los dds. independientemente de la variedad y de la dosis de fertilización. Estos resultados se asemejan con los datos dados por Hernández-Díaz et al. (2008), quienes al evaluar diferentes dosis de N no encontraron diferencias en este variable, considerando que el número de botones florales es un carácter que está genéticamente determinado.

Tabla 15. Número total de botones florales por planta

TRATAMIENTOS	# TOTAL BOTONES FLORARES/PLANTA
	Promedios
Algodón + maní	74,33
Algodón + maíz choclo	78,67
Algodón + fréjol caupí	76,00
Algodón monocultivo	78,33
C.V.	25,26
p:	0,32

En la variable del total de flores por planta, no existieron diferencias significativas a nivel de todos los tratamientos, tal como se observa en la tabla 16.

Esto concuerda con lo expuesto por Sánchez (2007) en su investigación en la que la tendencia fue de reducirse el número de flores (NF) al incrementarse la densidad poblacional (DP), lo que concluye que esta variable va en función de la densidad poblacional del cultivo.

Tabla 16. Número total de flores por planta

TRATAMIENTOS	# TOTAL FLORES/PLANTA
	Promedios
Algodón + maní	12,00
Algodón + maíz choclo	12,00
Algodón + fréjol caupí	12,00
Algodón monocultivo	10,33
C.V.	21,58
p:	0,91

En la tabla 17 se muestra que el número total de bellotas fue contabilizado en seis ocasiones; en lo cual no se determinó diferencias estadísticas en ninguna de estas tomas, lo que indica que en todos los tratamientos existió un promedio similar de número de bellotas por planta. Estos resultados difieren con lo manifestado por Montero et al 2023, quienes encontraron diferencias en cuanto al número de bellotas/planta en la asociación de algodón con maní.

Esta variable como lo indica Méndez (2003) no se ve afectada por el nivel de fertilización de la planta, contrario a lo que determinaron Shiv Raj (1985) y Bennet *et al* (1965) en sus investigaciones, quienes indicaron que la aplicación de nitrógeno y fósforo respectivamente incrementa el número de bellotas/planta.

Tabla 17. Número total de bellotas por planta

TRATAMIENTOS	# BELLotas/PLANTA					
	68dds	82 dds	89 dds	99 dds	106 dds	110 dds
	Promedios					
Algodón + maní	0,67	4,67	4,00	20,33	22,00	34,00
Algodón + maíz choclo	1,33	5,00	5,00	20,33	25,00	27,33
Algodón + fréjol caupí	1,33	5,00	4,33	19,67	21,00	24,67

Algodón monocultivo	1,33	4,33	4,33	20,00	23,67	32,00
C.V.	65,46	45,34	29,47	24,43	26,75	13,62
p:	0,99	0,42	0,81	0,24	0,97	0,19

Como se observa, el rendimiento del algodón rama fue similar en todos los tratamientos planteados, siendo el de mayor cantidad el cultivo de algodón más frejol caupí (tabla 18), estos resultados difieren a los encontrados por Araújo *et al.* (2006), quienes citan una reducción del rendimiento del algodón en asocio con maní, lo cual pudo deberse al estrecho distanciamiento que ellos utilizaron, entre la línea de algodón y maní.

Tabla 18. Rendimiento de algodón rama en kg/ha

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO ALGODÓN RAMA (Kg/ha)
Algodón + maní	3520,91
Algodón + maíz choclo	3457,52
Algodón + fréjol caupí	4534,77
Algodón monocultivo	3509,17
C.V.	25,2
p:	0,43

De la misma manera, se estableció el rendimiento algodón pluma (kg/ha), en el que no se evidenció diferencias significativas en los tratamientos; cabe mencionar que también existió un mayor rendimiento en el tratamiento a base de cultivo de algodón más fréjol caupí (tabla 19).

Tabla 19. Rendimiento de algodón pluma en kg/ha

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO ALGODÓN PLUMA (Kg/ha)
Algodón + maní	1197,11
Algodón + maíz choclo	1104,10
Algodón + fréjol caupí	1426,32
Algodón monocultivo	1212,85
C.V.	23,97
p:	0,68

Palomo *et al.* (2004) expone en su estudio resultante que el análisis estadístico del rendimiento de algodón en rama y algodón pluma detectó diferencias significativas entre años, riegos y dosis de N. Lo que evidencia así el efecto que las variaciones

ambientales pueden tener en la producción. Es común observar variaciones en el rendimiento a lo largo de los años debido a diversas razones, entre las cuales se incluyen las fluctuaciones climáticas, especialmente en lo que respecta a temperaturas y precipitaciones pluviales. Estos cambios climáticos entre ciclos agrícolas eran previsibles y ejercieron un impacto significativo en el desarrollo de las plantas, la calidad del suelo y la forma en que se gestionó el terreno.

En la tabla 20 se muestra que la relación de la fibra (%) en todos los tratamientos fue estadísticamente igual debido a que no existió diferencias significativas.

Tabla 20. Relación fibra (%)

TRATAMIENTOS	RELACIÓN FIBRA (%)
Algodón + maní	34,00
Algodón + maíz choclo	32,00
Algodón + fréjol caupí	31,33
Algodón monocultivo	34,67
C.V.	4,16
p:	0,51

MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES EN ALGODÓN

En esta variable se encontró una diferencia significativa de *Frankliniella* sp, frente a los demás artrópodos en todos los tratamientos a los 68 dds, en menor proporción las especies de *Bemisia tabaci* y *Aphis*, algo que disminuyó totalmente a los 110 dds en todos los tratamientos estudiados para las especies antes mencionadas.

En la literatura se menciona que se ha observado un aumento en las poblaciones de *B. tabaci* cuando la distancia entre las plantas se reduce a 23 cm, mientras que, en espacios más amplios de 30 cm, las poblaciones tienden a disminuir. Según el estudio realizado por Ahmed et al. en 2020, esta reducción en las poblaciones de insectos plaga en densidades de plantas más bajas se atribuye a una mejor circulación de aire entre las plantas, lo que a su vez reduce la infestación de estos insectos y promueve un crecimiento más robusto de las plantas. Estos resultados son discordantes con aquellos reportados por Sotelo et al. (2022), ya que, para el caso de *Frankliniella* spp. contrariamente, a las poblaciones disminuyeron al incrementarse la densidad de plantas, mientras que el restante de especies de artrópodos registrados en este estudio no llegó incluso a mostrar significación estadística. Siendo esta última corroborada en nuestra investigación puesto que *Frankliniella* spp disminuyó notablemente a los 110 dds debido al incremento de la densidad poblacional. Esta disminución pudo verse influenciado por la presencia de arañas puesto que Cotes et al (2018) Demuestra la capacidad del control biológico inherente que diversas especies de arácnidos pueden ejercer sobre las comunes plagas, particularmente la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y el trips de las flores (*Frankliniella occidentalis*).

Tabla 21 Artrópodos encontrados a los 68 días (24/05/22)

TRATAMIENTOS	ARTRÓPODOS ENCONTRADOS (24/05/22) 68 dds							
	<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Frankliniella sp.</i>	<i>Aphis spp.</i>	<i>Alabama argillacea</i>	<i>Tetranychus spp.</i>	<i>Cicadellidae</i>	Arañas	<i>Chrysoperla spp.</i>
Algodón + maní	10,00	155,00	10,33	1,67	0	2,00	3,33	0,67
Algodón + maní choclo	13,33	120,00	14,33	2,33	0	1,33	5,00	0,33
Algodón + fréjol caupí	9,00	120,00	20,00	0,67	0	3,00	3,67	0,00
Algodón monocultivo	9,00	163,33	9,67	1,67	35,67	1,33	2,67	3,00
Coefficiente variación	41,15	12,79	99,63	124,99	184,82	138,31	70,27	186,34
Probabilidad	0,66	0,84	0,32	0,18	0,46	0,9	0,5	0,93

Tabla 22. Artrópodos encontrados a los 110 días (12/04/22)

TRATAMIENTOS	ARTRÓPODOS ENCONTRADOS (12/04/22) 110 dds						
	<i>Bemisia tabaci</i>	<i>Frankliniella sp.</i>	<i>Aphis spp.</i>	<i>Tetranychus spp.</i>	<i>Cicadellidae</i>	Arañas	<i>Chrysoperla spp.</i>
Algodón + maní	1,33		0,67	4,67	0,00	2,00	0,67
Algodón + maní choclo	0,33		0,00	0,00	0,00	1,67	2,33
Algodón + fréjol caupí	0,00		0,00	0,00	0,33	1,67	4,33
Algodón monocultivo	0,00		0,00	0,00	0,00	2,33	1,00
Coefficiente variación				346,41		66,8	170,00
Probabilidad				0,019		0,92	0,62

Actividad 4. Cultivos de asociación (maní, maíz-choclo y frejol caupí)

VARIABLES AGRONÓMICAS Y FISIOLÓGICAS

Como se observa en la figura 17, existe una respuesta negativa en cuanto al cultivo asociado de algodón + maní con respecto al monocultivo de maní, teniendo este un porcentaje de germinación mayor al cultivo asociado.

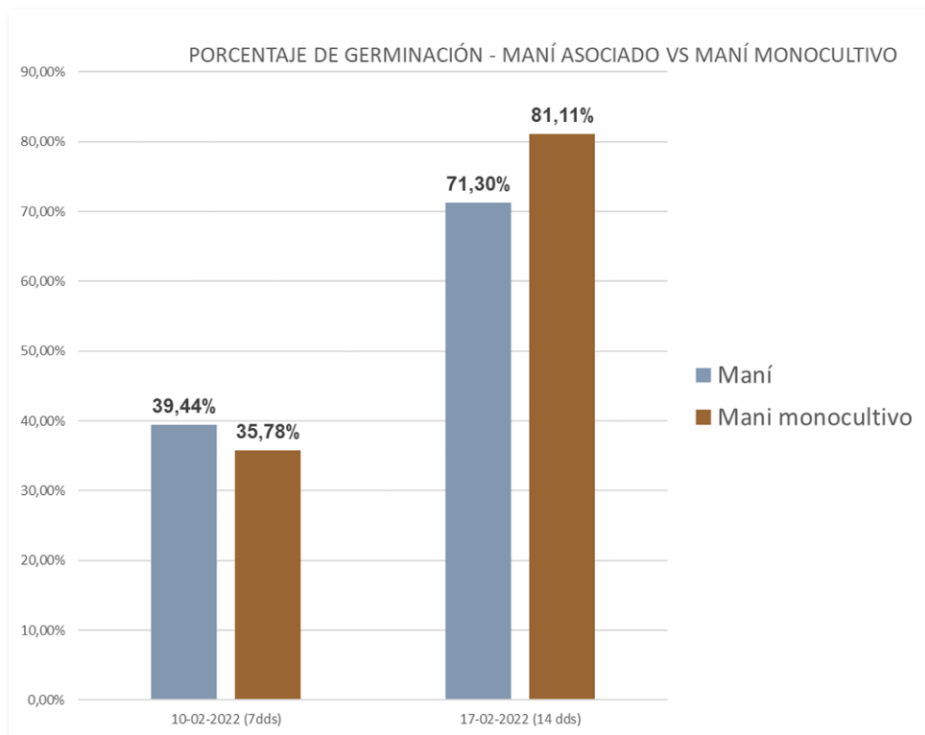


Figura 17. Porcentaje de germinación, Maní asociado vs maní monocultivo

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al porcentaje de germinación de la asociación Algodón + maíz, se observa que el maíz en asociación posee un porcentaje mayor al monocultivo de maíz, por lo tanto, se obtiene una respuesta positiva con respecto a esta variable (Figura 18).

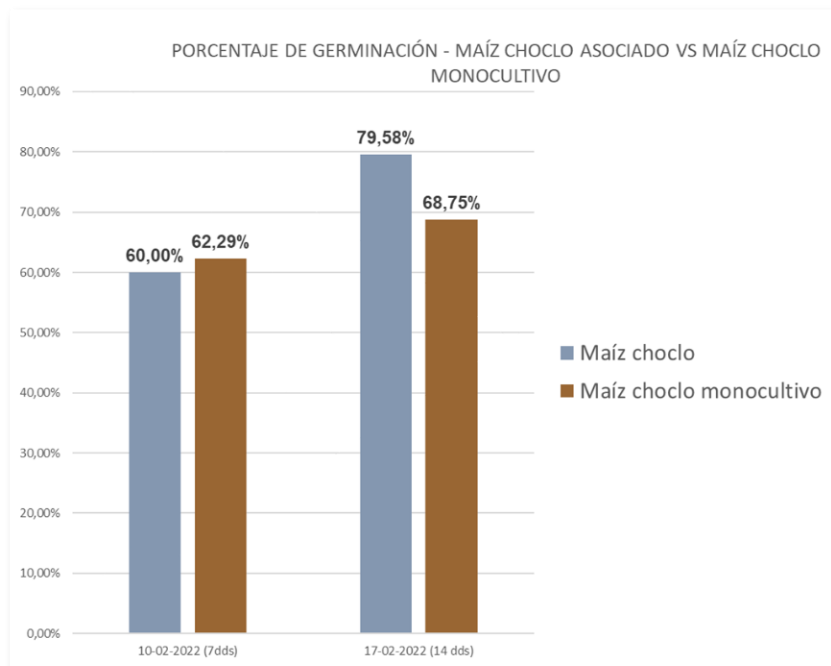


Figura 18. Porcentaje de germinación, Maíz choclo asociado vs maíz choclo monocultivo
Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la asociación Algodón + Fréjol caupí se obtuvo un mayor porcentaje de germinación con respecto al monocultivo de fréjol, por lo tanto, una respuesta positiva a esta asociación (Figura 19).

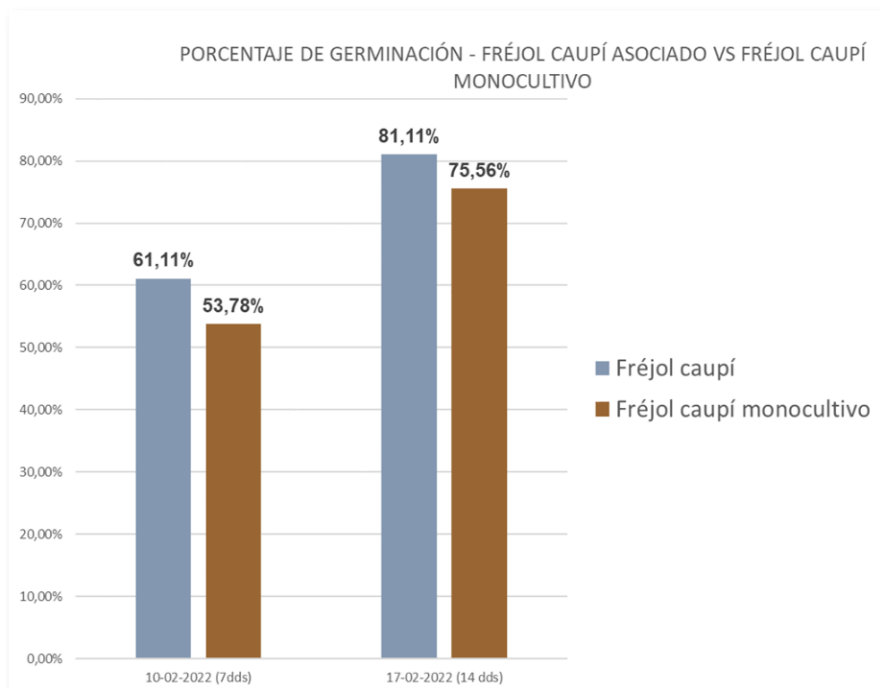


Figura 19. Porcentaje de germinación, Fréjol caupí asociado vs fréjol caupí monocultivo
Fuente: Elaboración propia.

MONITOREO DE ARTRÓPODOS-PLAGA, BENÉFICOS Y ENFERMEDADES:

Con respecto a gusanos trozadores en los cultivos asociados, se puede observar que no existe una incidencia notable, por lo tanto, no influye significativamente en la producción en las diferentes asociaciones.

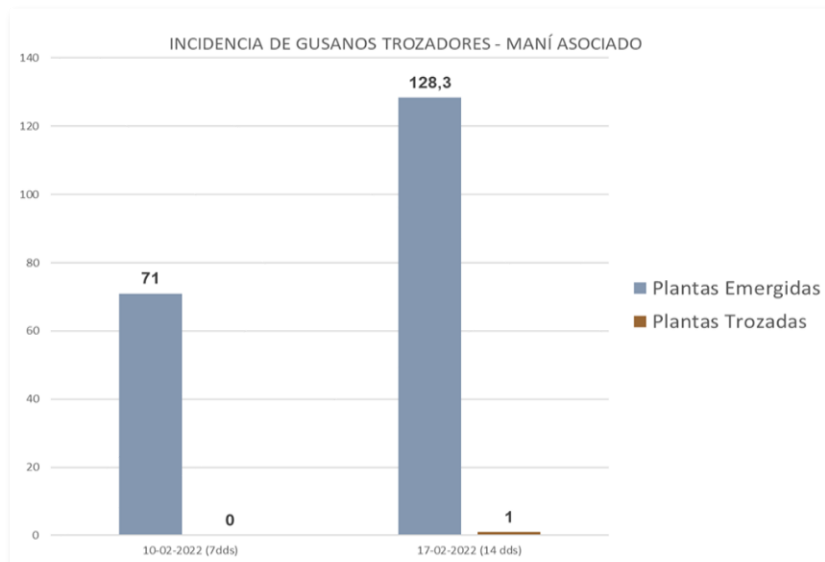


Figura 20. Incidencia de gusanos trozadores, Maní asociado
Fuente: Elaboración propia.

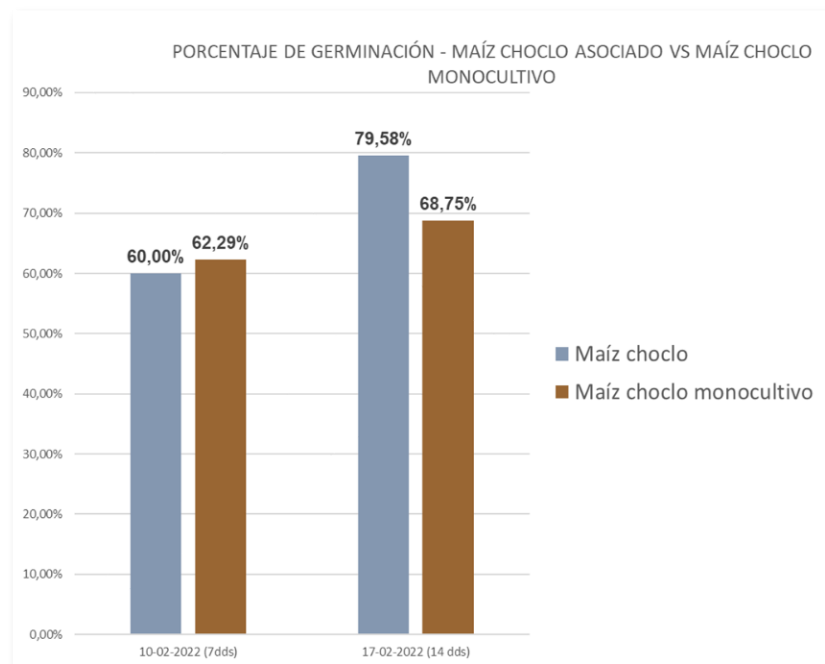


Figura 21. Incidencia de gusanos trozadores, Maní asociado
Fuente: Elaboración propia.

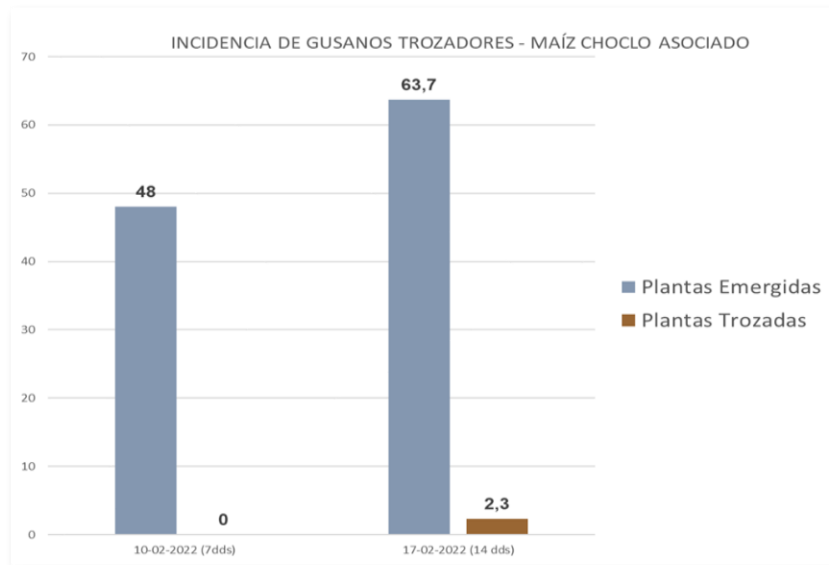


Figura 22. Incidencia de gusanos trozadores, Maíz monocultivo
Fuente: Elaboración propia.

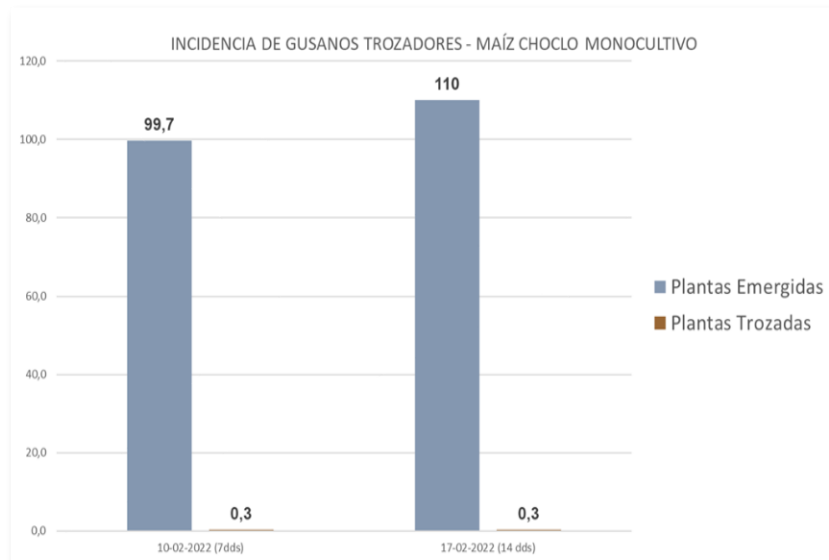


Figura 23. Incidencia de gusanos trozadores, Maíz choclo asociado
Fuente: Elaboración propia.

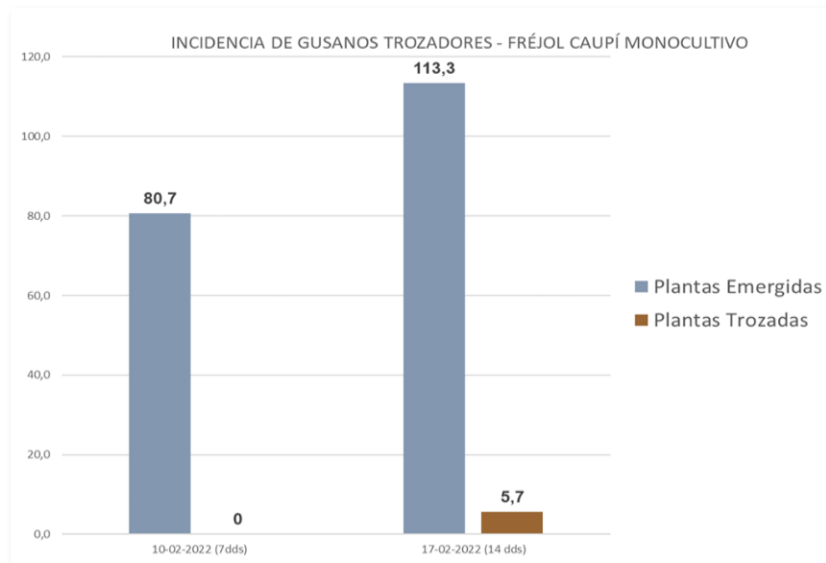


Figura 24. Incidencia de gusanos trozadores, Maíz choclo monocultivo
Fuente: Elaboración propia.

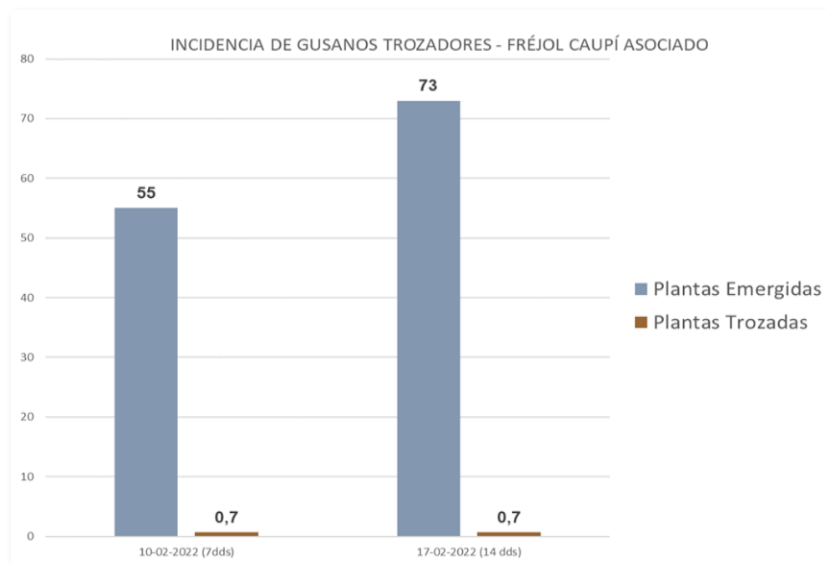


Figura 25. Incidencia de gusanos trozadores, Fréjol capulí monocultivo
Fuente: Elaboración propia.

FASE II. ESTIMAR LOS ÍNDICES DE SOSTENIBILIDAD DE LA ASOCIACIÓN DE ALGODÓN CON CULTIVOS ALIMENTICIOS COMO UNA MEDIDA DE ADAPTACIÓN FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO.

Actividad 5: Caracterización, definición e interpretación de indicadores de la dimensión ambiental.

Se establecieron los indicadores y subindicadores (tabla 23) de la dimensión ambiental a evaluar en base al cultivo de algodón y asociaciones; posterior a esto, se utilizó una ficha de indicadores (tabla 24), la que contiene la definición del indicador y subindicador desde términos teóricos, por consiguiente la manera en la que se interpretó con respecto a los requerimientos del cultivo del algodón, de esta manera se formó una base conceptual sobre los indicadores y el fundamento bajo el que se aplicó.

Tabla 23. Indicador y subindicador ambiental

Indicador	Subindicador
Conservación de la vida del suelo (COVISU)	Diversificación de cultivos (DICUL)
	Preparación de terreno (PETRE)
Riesgo de erosión (RIESER)	Cobertura Vegetal (CONVA)
Manejo de la Biodiversidad (MABDV)	Uso de semilla de calidad (USECA)
	Manejo de plagas/enfermedades (MAPLA)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Indicador y subindicador ambiental

Indicador	Definición	Interpretación
Conservación de la vida del suelo (COVISU)	Actividades que ayudan a invertir la degradación de recursos del suelo y mantienen o aumentan la capacidad productiva de la tierra.	En el cultivo de algodón se mantiene y mejora la estructura y la fertilidad del suelo y mejora los nutrientes del suelo con menos labranza del suelo, limitar las malezas y controlar plagas y enfermedades.
Riesgo de erosión (RIESER)	Estado del terreno propenso a sufrir un deterioro, cuya velocidad depende del tipo de suelo, la agregación, la infiltración y la cobertura del terreno.	El uso de cultivos de cobertura, en los cultivos de algodón, los cultivos de cobertura son plantas que se cultivan fuera de temporada para mejorar la calidad del suelo y prevenir la erosión
Manejo de la Biodiversidad (MABDV)	Uso de organismos controladores de enfermedades para frenar la propagación de	Adoptar una estrategia de Manejo Integrado de Plagas que les permita implementar técnicas de control de

plagas y enfermedades. La combinación de tipos de semillas cultivados por los agricultores para producir una cosecha a partir de la cual ellos deriven beneficios privados como alimentos para consumo y venta, o para otros usos.

plagas más diversas, reduciendo la dependencia de pesticidas químicos, fomentando la creación de pesticidas caseros a partir de ingredientes que se encuentran en la naturaleza

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Indicador y subindicador ambiental

Subindicador	Definición	Interpretación
Diversificación de cultivos (DICUL)	Tipo de agricultura que usa cosechas múltiples en el mismo espacio, imitando la diversidad de ecosistemas naturales, y evitando los grandes soportes de las cosechas únicas como el monocultivo.	Mayor rendimiento en la siembra de algodón en asociación con cultivos campesinos, mayor rentabilidad económica, uso de una mayor proporción de luz, agua y nutrientes disponibles.
Preparación de terreno (PETRE)	Operaciones de campo destinadas a acondicionar el suelo para facilitar la germinación de la semilla o el establecimiento del trasplante y el posterior desarrollo de la planta.	El cultivo del algodón para una mejor sostenibilidad requiere suelos profundos, con buen drenaje, buen contenido de materia orgánica y bajo contenido de sales. Entre las labores para una correcta preparación están: Subsulado, Aradura, Gradeo y Nivelación
Cobertura Vegetal (CONVA)	Duración de la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre	Uso de cultivos de cobertura y coberturas orgánicas vegetales de residuos de cultivos anteriores en cultivos de algodón para asegurar que por lo menos el 30% de la superficie del suelo siempre esté cubierta para evitar la erosión del suelo. Además, la cubierta vegetativa manejada, no competitiva proporciona hábitats para fomentar la biodiversidad.
Uso de semilla de calidad (USECA)	Cualidades genética, fisiológica, sanitaria y física. Características que en su máximo nivel permite que la semilla esté en su máxima calidad integral.	El cultivo de Algodón es quizás el más sensible en cuanto a la merma de rendimiento debido a la demora en la emergencia de las plántulas, la demora en emerger se puede deberse a una menor calidad de semillas, por lo tanto, el uso de semilla de calidad garantiza un mejor y mayor

Manejo de plagas/ enfermedades (MAPLA)	Aplicación de métodos de control de plagas para su disminución o mantenimiento en un nivel de población que no ocasiona daños	rendimiento de la productividad Desarrollo del conocimiento en la selección e integración de técnicas apropiadas para la implementación de un adecuado control de plagas y enfermedades. uso de bioplaguicidas elaborados con ingredientes naturales y el fomento de las especies de aves y murciélagos que actúan como depredadores de las plagas del algodón
--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Actividad 6: Indicadores, subindicadores, y escala de valoración de sostenibilidad ambiental en porcentaje.

En cuanto al subindicador de diversificación de cultivos se aplicó la variable de 4 cultivos por parcela que corresponde a las diferentes asociaciones de cultivos estudiadas en la investigación. Según Tamayo y Alegre la asociación de cultivos constituye una alternativa viable para alcanzar una agricultura sustentable, así mismo destacan Eber et al. (2017) que, los principales beneficios están relacionados con mejor uso de los recursos naturales (agua, suelo y energía solar), aumento de producción, incremento de ingresos agropecuarios, así como también Molina – Anzures et al. (2016) complementa que se relaciona también a la mitigación del cambio climático por mayor capacidad de almacenamiento de carbono, manejo ecológico de plagas y enfermedades, mejoramiento del bienestar animal, gestión natural de la fertilidad del suelo y acrecentamiento de la biodiversidad de macro y microorganismos existentes en un agro ecosistema.

Para la preparación del terreno se realizó la labranza, barbecho manual que corresponde a una técnica sostenible. En el caso de la labranza mínima que corresponde al máximo de sostenibilidad en el cultivo de algodón, como lo expone Lizcano et al. (2022) que en su estudio las diferencias encontradas en los dos sistemas de labranza (Labranza Mínima y Labranza Tradicional), pueden ser explicadas por una mejora en las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo por parte de la Labranza mínima. Según Li et al. (2020), encontraron en un sistema de labranza mínima, mayores contenidos de materia orgánica, respecto

al sistema tradicional, relacionándose con una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta.

En la cobertura se implementó una parcial con rastrojos correspondiente a un nivel bajo de sostenibilidad, algo que contradice Guevara y Sáenz (2023) En el informe acerca del control de malezas en el cultivo de algodón, se resalta la importancia de eliminar los restos de cultivos anteriores como una práctica esencial. Esta acción tiene como objetivo principal prevenir que ciertas plagas y enfermedades encuentren un lugar propicio para alimentarse y reproducirse; en el contexto del cultivo de algodón, la utilización de cultivos de cobertura y materia orgánica de residuos vegetales de cultivos previos garantiza que al menos el 30% de la superficie del suelo permanezca siempre protegida, evitando así la erosión del suelo; además, esta práctica crea hábitats que fomentan la diversidad biológica.

Para la semilla fue utilizada una propia seleccionada lo que corresponde al umbral mínimo de sostenibilidad con respecto a esta variable puesto que generalmente los productores prefieren en su mayoría el uso de semilla propia seleccionada, según Posso (2019) se trata de un proceso de producción de semillas que no dispone de control de generaciones y cuyos productores registrados para estos fines deben cumplir con los requisitos de calidad referidos a germinación y pureza. A diferencia de la producción de Semilla Certificada, que implica un meticuloso proceso de generación controlada y cumple con estrictos estándares de calidad en términos físicos, fisiológicos y fitosanitarios, existe otra modalidad de producción de semillas que carece de estos niveles de control. Esta segunda opción puede resultar en materiales agrícolas que no cumplen con los estándares requeridos y, como consecuencia, pueden comprometer la sostenibilidad del cultivo de algodón.

Para el Manejo Integrado de Plagas/Enfermedades se aplicaron tanto biocidas naturales como industriales correspondiendo de esa manera a técnicas establecidas en los umbrales mínimos de sostenibilidad. Tal como lo expone Better Cotton (2022) la adopción de una Manejo Integrado de Plagas (MIP) para la protección de cultivos.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) no se basa en un conjunto estricto de reglas o una sola estrategia, sino que representa un enfoque esencial para los agricultores de algodón en la protección de sus cultivos contra una amplia gama de plagas. Con el MIP, la presencia de plagas no implica automáticamente la aplicación de métodos de

control, y cuando es necesario recurrir a medidas de control, se da preferencia a enfoques no químicos, como el uso de bioplaguicidas naturales, como primera opción.

Los valores obtenidos en la tabla 26 son en base a lo observado en el diseño experimental de la investigación, y están apoyados en la metodología de Pinedo et al (2017) sobre los indicadores y subindicadores de sostenibilidad, que van desde el 0 al 100% en importe ambiental adecuados a los requerimientos del cultivo de algodón y su asociación con otros cultivos, datos que se establecieron en una matriz señalando los indicadores y subindicador. (Anexo 3). Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 26. Indicador y subindicador de sostenibilidad

Indicador	Subindicador	Escala del Subindicador	V
A. Conservación de la vida del suelo (COVISU)	A1. Diversificación de cultivos (DICUL)	4 cultivos por parcela	7
	A2. Preparación de terreno (PETRE)	Labranza: barbecho Manual	7
B. Riesgo de erosión (RIESER)	B1. Cobertura Vegetal (CONVA)	Cobertura parcial con rastrojos	2
C. Manejo de la Biodiversidad (MABDV)	C1. Uso de semilla de calidad (USECA)	Semilla propia seleccionada	5
	C2. Manejo de plagas/enfermedades (MAPLA)	Biocidas naturales	7
		Biocidas industriales	5

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, se corrobora lo antes mencionado en la tabla 27 donde se establecieron escalas de valoración para cada subindicador y umbrales mínimos y máximos de sostenibilidad siendo 50% el umbral mínimo y 100% el umbral máximo de sostenibilidad. En donde el umbral máximo con un 75% lo representa el indicador (Conservación de la vida del suelo (COVISU), escala del subindicador: “4 cultivos por parcela” y “labranza barbecho manual”). Otra con el mismo valor es

el (Manejo de la Biodiversidad (MABDV)) en sus biocidas naturales, con el 50% en el umbral medio tenemos la Semilla propia seleccionada y los biocidas industriales y con un mínimo porcentaje la Cobertura parcial con rastrojos 25%.

Tabla 27. Matriz de Indicadores, subindicadores y valor en la dimensión ambiental.

Indicador	Subindicador	Escala del Subindicador	Valor
A. Conservación de la vida del suelo (COVISU)	A1. Diversificación de cultivos (DICUL)	Diversificación de más de 5 cultivos	100
		4 cultivos por parcela	75
		Asociación de 3 cultivos	50
		2 cultivos asociados	25
		Monocultivo	0
	A2. Preparación de terreno (PETRE)	Labranza mínima manual	100
		Labranza: Barbecho, manual	75
		Labranza cero	50
		Labranza Tradicional	25
		Rastra y rastrillo pasadas	0
B. Riesgo de erosión (RIESER)	B1. Cobertura Vegetal (CONVA)	Cobertura todo el año, vegetación natural	100
		Cobertura durante el cultivo	75
		Cobertura todo el año con 2 cultivos consecutivos	50
		Cobertura parcial con rastrojos	25
		Sin cobertura vegetal	0
C. Manejo de la Biodiversidad (MABDV)	C1. Uso de semilla de calidad (USECA)	Semillas certificadas	100
		Semilla no certificada	75
		Semilla propia seleccionada	50
		Semilla de mercado local	25
		Semilla de origen desconocido	0
	Manejo integrado de plagas	100	

C2. Manejo de enfermedades/plagas (MAPLA)	Biocidas naturales	75
	Biocidas industriales	50
	Insecticidas	25
	Control químico	0

Fuente: Elaboración propia.

En el transcurso de este estudio, se observó que el suelo exhibía un pH de 6.5, lo que indica un ligero grado de acidez. Este resultado resulta beneficioso, ya que se encuentra dentro de un intervalo óptimo para la siembra. Esto se debe a que, en términos generales, las plantas tienden a prosperar mejor cuando el pH del suelo se acerca a la neutralidad. En estas condiciones, los nutrientes esenciales se vuelven más fácilmente disponibles y se establece un equilibrio más adecuado para el desarrollo de las plantas. Se registraron contenidos de las bases intercambiables (Ca, Mg y K) dando como resultado al Ca en 22.42 cmol/L, Mg en 8.29 cmol/L y K en 1.22 cmol/L, considerándose un rango alto de acuerdo a la tabla interpretativa, en base a la teoría el contenido de las bases intercambiables (Ca, Mg y K) define en gran parte el grado de fertilidad del suelo. Los suelos fértiles son fácilmente reconocibles debido a sus abundantes concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), mientras que los suelos altamente ácidos suelen carecer de estos elementos. La presencia de niveles elevados de Ca y Mg en el suelo es directamente proporcional a su calidad en términos de fertilidad.

En lo que respecta al Fósforo (P) resultó de 9 mg/L correspondiendo a un rango bajo, se estima que a un suelo con pH 6 – 7 se da la máxima disponibilidad de fósforo, pero una de las posibles causas de la disminución en la cantidad de éste es el bajo contenido de materia orgánica del suelo, lo que corroboraría el estudio puesto que existe un 2.5% de materia orgánica siendo esta de rango bajo según la tabla.

Los micronutrientes Hierro (Fe) y Manganeso (Mn) resultaron cantidades de 24 y 6.0 mg/L respectivamente lo que daría un rango óptimo para el Fe y medio para el Mn, el manganeso participa en la formación de la clorofila, estando en relación con el hierro. Participa en procesos enzimáticos, que determinan el correcto desarrollo de la planta de algodón.

El Zinc (Zn) resultó en cantidad de 2.0 mg/L que corresponde a un rango bajo, esto puede ser debido a la frecuencia con la que los suelos del país presentan deficiencia de este micronutriente, en los cultivos de algodón es importante puesto que mejora el crecimiento y asentamiento de la semilla, incrementa la producción y mejora la calidad de la fibra.

El Cobre (Cu) resultó en cantidad de 7.9 mg/L, siendo este un rango óptimo, este micronutriente generalmente rara vez presenta niveles bajos en los suelos, este componente contribuye a la mejora de la salud de la cosecha en cultivos de algodón.

El Azufre (S) es un elemento limitante en suelos de origen aluvial con altos contenidos de Ca y Mg y en suelos con baja concentración de materia orgánica, esto se corroboró en el análisis de suelos puesto que se obtuvo una cantidad de S en 15 mg/L lo que corresponde a un rango medio. En lo que respecta a las relaciones catiónicas se obtuvieron los siguientes resultados: Ca/Mg en 2.71, Mg/K en 6.78 y (Ca+Mg) /K en 25.11, lo que corresponde a cantidades en un rango medio y por lo tanto existiendo un equilibrio de nutrientes.

Con el posterior análisis del suelo utilizado para la investigación se estableció que el suelo es apto para el cultivo de algodón, puesto que reúne las condiciones para ser sostenible. Se recomienda el mejoramiento de los valores en los nutrientes que representan una importancia para la mejora en la producción empleando técnicas adecuadas que contribuyan al aumento de los mismos. (Tabla 28)

Tabla 28. Tabla de Interpretación de análisis de suelos.

	Unidad	Bajo	Medio	Optimo	Alto
pH		< 5	5 - 6	6 - 7	> 7
Ca	cmol/L	< 4	4 - 6	6 - 15	> 15
Mg	cmol/L	< 1	1 - 3	3 - 6	> 6
K	cmol/L	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 0.8	> 0.8
P	mg/L	< 12	12 - 20	20 - 50	> 50
Fe	mg/L	< 5	5 - 10	10 - 50	> 50

Cu	mg/L	< 0.5	0.5 – 1	1 – 20	> 20
Zn	mg/L	< 2	2 – 3	3 – 10	> 10
Mn	mg/L	< 5	5 – 10	10 – 50	> 50
B	mg/L	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1	> 1
S	mg/L	< 12	12 – 20	20 – 50	> 50
Mo	%	< 3	3 - 5	5 – 10	> 10
<hr/>					
Relaciones Catiónicas		Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
		2 – 5	5 – 25	2.5 – 15	10 - 40
<hr/>					

Fuente: (Molina y Meléndez 2002)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se logró constatar que el rendimiento de algodón en asociación con maní fue igual al monocultivo, apuntando a dicha agrupación como una alternativa viable y de fácil adopción para el pequeño productor algodonero en sistemas asociados con cultivos alimenticios, lo que, ayuda a reducir el impacto ambiental, mejora el suelo, la productividad, ahorra energía, reduce la incidencia de plagas y mejorar la economía del productor, volviéndolo sustentable en el tiempo.
- La caracterización de los indicadores y subindicadores de la dimensión ambiental evaluada permitió asignar a cada subindicador umbrales mínimos y máximos para la determinación del grado de sostenibilidad del cultivo, siendo el 68% la sostenibilidad alcanzada que de acuerdo a la escala de valorización utilizada corresponde al nivel intermedio de sostenibilidad.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es necesario tratar de lograr prácticas agrícolas en sistemas alimentarios sostenibles desde una perspectiva holística e integrada, desde la producción hasta el consumo, el uso de herramientas estadísticas en estudios ambientales es de importancia ya que permiten conocer la evolución de diferentes factores que afectan directamente al objeto de estudio, mismas que ayudan a definir, analizar, medir y proponer soluciones a problemas o fallos que interfieren con el correcto funcionamiento de los procesos productivos.
- Es necesaria la aplicación de la metodología propuesta por Pinedo et al. (2020), en tesis y proyectos ambientales realizados en la Universidad, relacionados con la presente investigación puesto que representa una fuente de información concisa al momento de evaluar la dimensión ambiental. Facilitando la caracterización, identificación e interpretación de los diferentes indicadores y subindicadores, adecuándolos a su investigación, para un

desarrollo adecuado del estudio mediante la medición, evaluación, monitoreo y mejora de estos con el fin de gestionar la sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Áldas, D. (2019). *Presión de selección ambiental y diferencial de rendimiento de catorce cultivos alimenticios del Ecuador* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Álvarez, H., Larripa, M. y Nalino, M. (2015). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas de producción agropecuaria en la zona de influencia del Distrito San Gregorio, provincia de Santa Fe (proyecto). Universidad Nacional del Rosario, Argentina.
- Agricultura Sostenible. (2021). Importancia de la agricultura sustentable. <https://www.agriculturasostenible.mx/importancia-de-la-agricultura-sostenible/>
- Agrobio (2017). "Cultivos agrícolas que permiten controlar malezas". Septiembre 13, 2017, de Agrobio México Sitio web: <http://www.agrobiomexico.org.mx/aplicaciones/>
- Ahmed, N., Ali, M., Danish, S., Chaudhry, U., Hussain, S., Hassan, W. y Ali, N. (2020). Role ofMacronutrients in Cotton ProductionBT . En S. Ahmad y M. Hasanuzzaman, (Eds.). Cotton Production and Uses: Agronomy, CropProtection, and Postharvest Technologies (pp 81-104). https://doi.org/10.1007/978-981-15-1472-2_6
- ArcGIS. (2017). *Análisis estadístico*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/analyze/commonly-used-tools/statistical-analysis.htm>
- Arteaga, L. y Burbano, J. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-91.
- Bennett, O. L., R. D. Rouse, D. A. Ashley and B. D. Doss. (1965). Yield, fiberquality, and potassiumcontentofirrigatedcottonplants as affectedbyratesofpotassium. *AgronomyJournal*. 57, 296-299.
- Better Cotton. (2022). Plaguicidas y protección de cultivos. Archivo Digital. <https://bettercotton.org/es/field-level-results-impact/key-sustainability-issues/pesticides-and-crop-protection-in-cotton-farming/>

- Blanco, A., Vásquez, Á., García, R. y Melamed, E. (2020). *Estructura organizacional como determinante competitivo en pequeñas y medianas empresas del sector alimentos. Revista de Ciencias Sociales (Ve), XXVI (2), 133-147.* <https://dx.doi.org/10.31876/rcs.v26i2.32429>
- Brubaker, C., Bourland, E. y Wendel, J. (1999). *Cotton: origin, history, technology, and production.* John Wiley ySons. ISBN 0-471-18045-9.
- Buendía, A. y Echeverria, A. (abril de 2014). *Creación de un plan de sustitución de implantaciones de algodón para impulsar su producción y generar el desarrollo del area textil ecuatoriana* [Universidad Politecnica Salesiana]. Archivo digital. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6431/1/UPS-QT04981.pdf>
- Bustamante, V. (2020). *Variación porcentual.* ICEL. <http://www.icel.cl/wp-content/uploads/2020/05/Tercer-Ciclo-Guia-N%C2%B02-mayo-Variacion-porcentual.pdf>
- Cadena, J. (2002). *Manejo Fisiológico del cultivo de algodón.* Archivo Digital. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/21373/42570_46626.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cañarte, E., Sotelo, A. y Navarrete, J. (2019). *Respuesta de la variedad de algodón brs-336 a un programa de manejo bajo las condiciones de Manabí-Ecuador. Agencia Brasileña de Cooperación, 1.*
- Cañarte-Bermúdez, E.; Sotelo-Proaño, R.; Navarrete-Cedeño, B. (2020). *Generación de tecnologías para incrementar la productividad del algodón Gossypiumhirsutum L. en Manabí, Ecuador. Revista Ciencia UNEMI. Vol. 13, N° 33: 85-95*
- Casuso, M., Tarragó, J. y Galeano, M. (15 de Diciembre de 2016). *Producción de algodón: recomendaciones para el manejo de plagas y de cultivo.* Ediciones INTA.
- Chalán, J. (2019). *Agricultura convencional y agroecología frente al cambio climático Elementos para el análisis a partir de las experiencias en 2 comunidades indígenas de la cuenca de lago San Pablo, Cantón Otavalo, Provincia de*

Imbabura. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6634/1/T2860-MDSCC-Chalan-Agricultura.pdf>

- Cotes, B., González, M., Benítez, E., De Mas, E., Clemente-Orta, G. (2018) Spider Communities and Biological Control in Native Habitats Surrounding Greenhouses. *Insects*. 1(33).
- Díaz, J., Quila, K., Zambrano, F. y Bravo, R. (2022). Efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de algodón (*Gossypium Hirsutum*). *BioTempo*. 2(19).
- Ebel, R., Pozas, J., Soria, F. y Cruz, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*. 35, 149-160.
- Enríquez, M., Segura, M., Preciado, P., Orozco, J. y Yescas, P. (2007). Producción de algodón en doble y triple hilera con riego por goteo subsuperficial. *Terra Latinoamericana*. 2(25), 157.
- Escandón, N. (16 de Julio de 2012). *Rotación y asociación de cultivos en la provincia del azuay para el rescate de la soberanía alimentaria* [Informe, Universidad de Cuenca]. Archivo Digital. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3077/1/mag135.pdf>
- Espinosa, M. y Suárez, D. (2019). El sector algodonero en Ecuador: desafíos y oportunidades de la cadena de valor. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*, 1(377), 91-101.
- Espinoza, J. y Rivas, M. (1994). Efecto de rotación de cultivos y métodos de control de malezas sobre la cenosis de las malezas y el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos de Soya (*GlycinemaxMerr.*) C. V Cristalina y Algodón (*Gossypiumhirsutum*) C.V H-373. Archivo Digital. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh60e77.pdf>
- García, J., Ruiz, N., Lira, R., Vera, I. y Méndez, B. (2016). Técnicas Para Evaluar Germinación, Vigor y Calidad Fisiológica de Semillas Sometidas a Dosis de Nanopartículas. *Agronano Tecnologías*, 2, 139.
- Gaytán, A., Palomo, A., Reta, D., Godoy, S. y García E. (2004). Respuesta del algodón cv. Cian precoz 3 al espaciamento entre surcos y densidad

- poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra (con 8 cuadros).
 Archivo Digital.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572004000100006
- Gianella, T y Pinzas, T. (2017). Producción de alimentos en sistemas resilientes al clima". Revista agroecológica LEISA.
<https://ia800802.us.archive.org/26/items/vol33n2/vol33n2.pdf>
- Gil, A. y López, E. (2015). Características germinativas de semillas del algodón nativo, *Gossypium sp.*, de fibra verde, lila y marrón. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas*. 2(35), 44.
- Guevara, G. y Sáenz P. (2023). INTA: Manejo de malezas en el cultivo de algodón. Archivo Digital. <http://admin.manualfitosanitario.com/novedades-detalle.php?id=740&page=7>
- Heifer Ecuador. (2014). La agro ecología está presente, Mapeo de productores agroecológicos y del estado de la agroecología en la sierra y costa ecuatoriana. Quito Ecuador.
- Hernández, M., Marrero, V., González, M., Salgado, J. y Ojeda, A. (2008). Niveles de nitrógeno y su fraccionamiento en el cultivo del gladiolo para suelos ferralíticos rojos. *Pesq. Agrop. Bras.* 43, 21-27.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2018). Informe Técnico Anual del Proyecto +Algodón INIAP-FAO. Estación Experimental Portoviejo-INIAP. 133p
- Laboratorio de análisis de alimentos y materias primas [LABSA]. (2020). Análisis de suelo agrícola. Obtenido de <https://www.labsalaboratorio.com.mx/analisis/analisis-de-suelo/>
- Li, Y., Li, Z., Chang, S., Cui, S., Jagadamma, S., Zhang, Q. y Cai, Y. (2020). Residueretentionpromotessoilcarbonaccumulation in minimumtillagesystems: Implicationsforconservationagriculture. *Scienceof Total Environmental*, 740, 140-147

- Lizcano, R., Rojas, D., Osorio, J., Olivera, D. y Lizcano, M. (2022). Sistemas de labranza del suelo y su efecto sobre cuatro variedades de algodón en Armero, Colombia. *Investigación Agraria*. 1(24).
- MacNeil, C. (03 de Marzo de 2022). *Asana*. Desmitificación del análisis de costo-beneficio. 5 pasos para tomar mejores decisiones. <https://asana.com/es/resources/cost-benefit-analysis>
- Meléndez, G. y Molina E. (2002). *CIA/UCR*. Tablas de Interpretación de análisis foliar. 18. Disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/sites/default/files/2021-09/05%20Tablas%20Interpretaci%C3%B3n%20An%C3%A1lisis%20Foliar.pdf>
- Méndez, J. (2003). Efecto de dos densidades de población y dos niveles de fertilización sobre el rendimiento de algodón en rama y sus componentes en tres cultivares de algodón (*Gossypiumhirsutum* L.) en la sabana de Jusepín. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 3(20).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG]. (2018). Tosagua sobreviven los últimos algodoneiros. *El Comercio*. Ec. 21 08: Disponible en <https://www.elcomercio.com/actualidad/tosagua-ultimos-algodoneros-eljuncal-ecuador.html>
- Molina, M., Chavez, J., Gil, A., López, P. y Hernández, E. (2016). Eficiencias productivas de asociaciones de maíz, frijol y calabaza (*Curcubita pepo* L.), intercaladas con árboles frutales. *International Journal of Experimental Botany*. 85, 36-50.
- Ñañez, L. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de algodón. *ICA*. Disponible en <https://www.ica.gov.co/getattachment/a223d007-d6e6-4df0-a7fcb0150cb6bbbb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-algodon.aspx>
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía[OSMAN]. (2016). *Cultivos Alimenticios*. Disponible en <https://www.osman.es/diccionario/definicion.php?id=12151>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (07 de octubre de 2021). *Día Mundial del Algodón: la importancia de utilizar algodón sostenible y responsable*.

Seguridad Laboral. https://www.seguridad-laboral.es/actualidad/dia-mundial-del-algodon-la-importancia-de-utilizar-algodon-sostenible-y-responsable_20211007.html

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura[FAO]. (2015). Agricultura sostenible. Disponible en <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/sustainable-agriculture/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura[FAO]. (2015). Tierra y Suelos. Disponible en <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-post-2015/land-and-soils/es/#:~:text=El%20uso%20y%20la%20gesti%C3%B3n,tierra%20y%20de%20los%20suelos.>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura[FAO].(2020). *Programa de Cooperación Internacional Brasil-FAO*. <https://www.fao.org/in-action/programa-brasil-fao/proyectos/sector-algodonero/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *Agricultura Sostenible y Biodiversidad. Un vínculo indisociable*. FAO. <http://www.fao.org/3/i6602s/i6602s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (2018). El cultivo del algodón casi ha desaparecido en Ecuador. La Hora. Ec. 11 02: Disponible en: <https://lahora.com.ec/zamora/noticia/1102135010/el-cultivo-del-algodon-casi-ha-desaparecido-en-ecuador>

Ortega, C. (2022). Análisis estadístico: Qué es, usos y cómo realizarlo. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-estadistico/>

Palomo, A., Gaytán, A., Contreras, R., Reta, David. y Gutiérrez, E. (2004). Rendimiento y calidad de fibra de algodón en respuesta al número de riegos y dosis de nitrógeno. *Terra Latinoamericana*. 3(22) 299-305.

- Pérez, J. y Merino, M. (2017). *Definición de algodón*. Definición.de. <https://definicion.de/algodon/>
- Pinedo, R. Gómez, L. y Julca, A. (2020). Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21 (3). <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1309/645>
- Pinedo R., Gómez L., Julca O. 2017. Caracterización de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el distrito de Chiara, Ayacucho. *Aporte santiaguino*. 10 (2): 351-364.
- Portillo, G. (Julio de 2021). *JardineríaOn*. ¿En qué consiste la asociación de cultivos? <https://www.jardineriaon.com/asociacion-de-cultivos.html>
- Posso, A. (2019). Cultivos de maíz y algodón lideran en semillas certificadas. *Archivo Digital*. <https://www.agronegocios.co/agricultura/cultivos-de-maiz-y-algodon-lideran-en-semillas-certificadas-2836848>
- Ramírez, A., Contreras, J., Palomo, A., Álvarez, V. y Rodríguez, S. (2012). Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional. *Agronomía Mesoamericana*. 2(23).
- Rojas, A. (2019). Para qué sirve un índice de sostenibilidad. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/para-que-sirve-un-indice-de-sostenibilidad/>
- Rosolem, C. A. and V. van Mellis. 2010. Monitoring nitrogen nutrition in cotton. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. 34, 1601-1607.
- Salgado, R. (2015). Agricultura sustentable y sus posibilidades en relación con consumidores urbanos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 23(45), 113-140.
- Sánchez, A. V., Mayorga, F. y Freire, C. (2020). Sector algodónero ecuatoriano. *Observatorio Económico y Social de Tungurahua*, 1-4.
- Sarandón, S. J. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*, 20, 393-414.

- Secretaría de agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. (2017). Planeación Agrícola Nacional. 2017-2030. Algodón Mexicano.
- Shiv Raj, A. (1985). An introduction to the physiology of field crops. Cotton (*Gossypium* spp.). Reprinted. Oxford & IBH Publishing CO., New Delhi, India. p. 177-197.
- Sión, F. (2015). *Manuel del cultivo del algodón*. Portoviejo: Proteca.
- Sotelo, A., Cañarte, E., Zambrano, F., Navarrete, B. y Suárez, D. (2022). Respuesta de la variedad de algodón BRS-336 a un programa de manejo bajo las condiciones de Manabí- Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*. 15(38), 39.
- Suárez, W., Zimmermann, A., Núñez, B. y Yépez, J. (octubre de 2020). *Ecuador se suma a la tendencia de la moda sostenible*. Ministerio de Agricultura y Ganadería: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-se-suma-a-la-tendencia-de-la-moda-sostenible/>
- Tamayo, C. y Alegre, J. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1), 2-21.
- Torres, M. (2009). Índice de sostenibilidad urbana: una propuesta para la ciudad compleja. *Revista Digital Universitaria*, 10(7).
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA]. (s.f). Uso eficiente del suelo y adecuación de tierras. Obtenido de <https://upra.gov.co/web/guest/uso-y-adequacion-de-tierras>
- Uriarte, J. (10 de marzo de 2020). *Algodón. Características*. <https://www.caracteristicas.co/algodon/>
- Vázquez, G. (marzo de 2012). *métodos de Levantamientos Planimétricos*. Instituto Nacional de México. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/3493/1/COMPETENCIA%20No2.pdf>
- Vera, D. (2017). *Biodiversidad intraespecífica varietal para mejorar ambientes degradados por monocultivos en Musáceas, como medida de control de plagas*

y enfermedades. Universidad Autónoma de Barcelona. <https://www.tesisenred.net/handle/10803/457711>

Viguera, B., Martínez, R., Donatti, C., Harvey, C. y Alpízar, F. (2017). *Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*. Obtenido de https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf

Viera, W. (2020). Rol de los microorganismos benéficos en la Agricultura Sustentable. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 67-68.

ANEXOS

Anexo 1. Proyecto: Producción sustentable del algodón en sistemas de asociación con cultivos alimenticios como alternativa para mitigar el cambio climático.



Proyecto: Producción sustentable del algodón en sistemas de asociación con cultivos alimenticios como alternativa para mitigar el cambio climático

Ubicación: El Polvar, Tosagua

Fecha de establecimiento: febrero 03 de 2022a

Propietario del lote: Sr. Líder Loor

Fecha de evaluación:

Días después de la siembra:

# par c.	# Re p.	# Tra t.	Sistema		Total plantas esperadas	# Plantas emergidas	# Plantas trozadas	# Plantas enfermas	% emergencia	% plantas trozadas	% plantas enfermas
1	I	7	Caupí monocultivo	Caupí							
2	I	2	Algodón + choclo	Algodón							
				Choclo							
3	I	4	Algodón monocultivo	Algodón							
4	I	6	Choclo monocultivo	Choclo							
5	I	1	Algodón + maní	Algodón							
				Maní							
6	I	5	Maní monocultivo	Maní							
7	I	3	Algodón + caupí	Algodón							
				Caupí							
8	II	4	Algodón monocultivo	Algodón							
9	II	2	Algodón + choclo	Algodón							
				Choclo							
10	II	6	Choclo monocultivo	Choclo							
11	II	5	Maní monocultivo	Maní							
12	II	1	Algodón + maní	Algodón							
				Maní							
13	II	7	Caupí monocultivo	Caupí							
14	II	3	Algodón + caupí	Algodón							
				Caupí							
15	III	6	Choclo monocultivo	Choclo							
16	III	4	Algodón monocultivo	Algodón							
17	III	5	Maní monocultivo	Maní							
18	III	1	Algodón + maní	Algodón							

				Maní							
19	III	2	Algodón + choclo	Algodón							
				Choclo							
20	III	3	Algodón + caupí	Algodón							
				Caupí							
21	III	7	Caupí monocultivo	Caupí							

Anexo 2. Balizamiento del terreno.



Anexo 3. Preparación de la semilla para la siembra.



Anexo 4. Proceso de siembra.



Anexo 5. Germinación de las semillas y conteo de las mismas.



Anexo 6. Germinación y crecimiento de las plantas en las diferentes parcelas.



Anexo 7. Cosecha del maní.



Anexo 8. Exposición del trabajo de experimentación frente a entidades públicas y privadas.



Anexo 9. Cosecha en la mayoría de las parcelas.



Anexo 10. Proceso de la producción del algodón.



Anexo 11. Cosecha de la producción del algodón.

