

Implementación de prácticas agronómicas para el fortalecimiento de siembra de maíz (*Zea mays L.*) en dos veredas (Morales y Popayán) de zona cafetera del Cauca

Jesús Einar Quinayas Moreno

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

Popayán

2022

**Implementación de prácticas agronómicas para el fortalecimiento de siembra
de maíz (*Zea mays L.*) en dos veredas (Morales y Popayán) de zona cafetera del
Cauca**

Jesús Einar Quinayas Moreno

Trabajo para optar al título de Agrónomo

Director

Héctor Fabio López Castaño

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

Popayán

2022

Tabla de Contenido

Lista de Tablas	7
Lista de Figuras.....	8
Lista de Apéndices	9
Resumen.....	10
Abstract	11
Introducción	12
Justificación	15
Problema	17
Descripción del Problema	17
Planteamiento del Problema.....	18
Sistematización del Problema	19
Objetivos.....	20
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Marco Teórico.....	21
Antecedentes	21
Bases teóricas	22
Generalidades de Maíz (<i>Zea mays L.</i>) en Colombia.....	22
Hibrido SGBIOH2 de Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	23

Diversificación de la Producción.....	23
Ventajas de la Producción de Maíz (<i>Zea mays L.</i>) asociado con Café (<i>Coffea arabica</i>)	24
Aspectos Tecnológicos del Maíz (<i>Zea mays L.</i>) en Café (<i>Coffea arabica</i>).....	25
Manejo Agronómico.	25
Condiciones Agroecológicas de la Zona de Estudio (Popayán - Morales).....	25
Aislamiento del Lote de Café (<i>Coffea arabica</i>) para la Siembra de Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	27
Semilla para la Siembra de Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	27
Época de Siembra.	27
Distancia y Densidad de Siembra.	28
Análisis de Suelo.....	28
Fertilización	29
Manejo de Arvenses.....	29
Enfermedades en el Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	29
Tizón Común (<i>Exserohilum turcicum</i>) del Maíz (<i>Z. mays L.</i>).	30
Mancha Gris o Rectangular (<i>Cercospora zae-maydis</i>) del Maíz (<i>Zea mays L.</i>).	31
Mancha de Asfalto (<i>Phyllachora maydis Maublanc</i>).	31
Royas (<i>Puccinia polysora</i>).....	32

Plagas en Cultivos de Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	33
Gusano Trozador (<i>Agrotis ipsilon</i>).....	33
Gusano Cogollero del Maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>).	34
Barrenador del Tallo (<i>Diatraea saccharalis</i>).	34
Gusano de la Mazorca (<i>Heliothis zea</i>).	35
Cosecha.....	35
Metodología.....	36
Área de Estudio.....	36
Establecimiento del Cultivo Híbrido SGBIOH2 de Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	36
Diseño Metodológico.....	39
Monitoreo al Cultivo del Híbrido SGBIOH2 Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	40
Recolección de la Información.....	40
Procesamiento de la Información.....	41
Resultados Esperados.....	41
Resultados.....	43
Resultados del Monitoreo de Plagas y Enfermedades en los Cultivos del Híbrido SGBIOH2.....	43
Resultados sobre Información Cualitativa Registrada en Campo: Estrategias de Prácticas Agronómicas para el Cultivo de Maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	46
Densidad de siembra.....	46

Siembra.....	47
Fertilización.....	47
Control de arvenses	48
Control de plagas y enfermedades.....	48
Cosecha de mazorcas de maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	48
Resultados sobre información cuantitativa recolectada en campo.....	49
Conclusiones.....	57
Recomendaciones	59
Referencias.....	61
Apéndice	65

Lista de Tablas

Tabla 1 Condiciones agroecológicas de la zona de estudio (Popayán-Morales)	26
Tabla 2 Principales enfermedades para el cultivo de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	30
Tabla 3 Principales plagas en el cultivo de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	33
Tabla 4 Diseño metodológico	42
Tabla 5 Densidades de siembra óptimas para establecimiento de maíz en altas densidades	46
Tabla 6 Resultados de rendimiento (t/ha) de maíz (<i>Zea mays L.</i>) seco del híbrido SGBIOH2 en dos localidades del Cauca, (Morales y Popayán)	51
Tabla 7 Rendimiento de maíz (<i>Zea mays L.</i>) seco en ICA-V-305 (t/ha)	55
Tabla 8 Rendimiento de maíz (<i>Zea mays L.</i>) seco en Corpoica-V-114 y Corpoica-V-159 (t/ha)	56

Lista de Figuras

Figura 1 Ubicación geográfica de las zonas de estudio	36
Figura 2 Proceso de selección, pesaje y determinación de porcentaje de germinación en semilla de híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	37
Figura 3 Vereda La Estación, Morales. Finca El Yari. Caficultor: Pedronel Alegría	38
Figura 4 Vereda La Sabana, Popayán. Finca San Vicente. Caficultor: Franco Quiroz. ..	39
Figura 5 Metodología de Diseño No Experimental	40
Figura 6 Formato de planilla de campo para recolección de datos sobre crecimiento y producción de las plantas de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	41
Figura 7 Monitoreo de plagas y enfermedades a plantas del híbrido SGBIOH2	44
Figura 8 Deficiencia nutricional de Potasio (K) en plantas del híbrido SGBIOH2.....	45
Figura 9 Recolección de información sobre el híbrido SGBIOH2 en parcelas de 25m ² .	49
Figura 10 Rendimiento de maíz seco del híbrido SGBIOH2 en Morales y Popayán.....	53
Figura 11 Rendimiento del híbrido SGBIOH2 (t/ha), frente a otras variedades	56

Lista de Apéndices

Apéndice A. Semilla híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>) y montaje de prueba de germinación.....	66
Apéndice B. Registro fotográfico de la Prueba de Germinación en semilla del híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>).....	67
Apéndice C. Registro fotográfico de seguimiento a cultivos de híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	68
Apéndice D. Registro fotográfico de cosecha a cultivos de híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	69
Apéndice E. Planillas de campo Finca El Yari, vereda La Estación, municipio de Morales – Subparcela 1	70
Apéndice F. Planillas de campo Finca El Yari, vereda La Estación, municipio de Morales – Subparcela 2.....	71
Apéndice G. Planillas de campo Finca El Yari, vereda La Estación, municipio de Morales – Subparcela 3.....	72
Apéndice H. Planillas de campo Finca San Vicente, vereda La Sabana, municipio de Popayán – Subparcela 1	73
Apéndice I. Planillas de campo Finca San Vicente, vereda La Sabana, municipio de Popayán – Subparcela 2	74
Apéndice J. Planillas de campo Finca San Vicente, vereda La Sabana, municipio de Popayán – Subparcela 3	75

Resumen

El Cauca se ubica como el cuarto productor de café (*Coffea arabica*) a nivel nacional, con 93.000 hectáreas plantadas, renovando aproximadamente 9.000 hectáreas por año. Durante la renovación del café (*Coffea arabica*) se potencializa el uso de suelo con el establecimiento de maíz (*Zea mays L.*), es por ello que se implementaron prácticas agronómicas, renovando dos parcelas de café (*Coffea arabica*) mediante siembra nueva de la Variedad Cenicafe 1, intercaladas con el híbrido de maíz (*Zea mays L.*) SGBIOH2 de alto rendimiento, en la vereda la Estación del municipio de Morales y la vereda La Sabana, de Popayán. Se seleccionó la semilla de SGBIOH2 y se calculó el porcentaje de germinación para determinar su viabilidad en campo. Posteriormente, se realizó la siembra manualmente con dos semillas por hoyo y a diferentes densidades de siembra, 51.282 plantas por ha. (Popayán) y 33.333 plantas por ha. (Morales).

Se evaluaron 3 subparcelas de 25m² en cada localidad para la recolección de información como: altura de planta, altura de mazorca, plantas cosechadas y número de mazorcas recolectadas. Finalmente, se cosecharon las mazorcas de las subparcelas para estimar su peso en fresco y seco, y así determinar el rendimiento de producción por hectárea cultivada, dando como resultado 6.2 t/ha en Popayán y 5.8 t/ha en Morales. En conclusión, se puede aprovechar los espacios de un cultivo de café (*Coffea arabica*) en renovación y mejorar la seguridad alimentaria y económica de los caficultores, implementando el híbrido SGBIOH2 con buenas prácticas agrícolas y semilla de buena calidad.

Palabras claves: maíz, café, rendimiento, densidad, SGBIOH2

Abstract

Cauca ranks as the fourth largest producer of coffee (*Coffea arabica*) nationwide, with 93,000 hectares planted, renovating approximately 9,000 hectares per year. During the renewal of coffee (*Coffea arabica*) the use of land is potentiated with the establishment of corn (*Zea mays L.*), that is why agronomic practices were implemented, renewing two plots of coffee (*Coffea arabica*) by new planting of the Cenicafe 1 Variety, interspersed with the corn hybrid (*Zea mays L.*) SGBIOH2 of high yield, in the village of the Station of the municipality of Morales and the village of La Sabana, of Popayán. The seed of SGBIOH2 was selected and the percentage of germination was calculated to determine its viability in the field. Subsequently, the sowing was carried out manually with two seeds per hole and at different planting densities, 51,282 plants per ha. (Popayán) and 33,333 plants per ha. (Morales).

3 subplots of 25m² were evaluated in each locality for the collection of information such as: plant height, cob height, harvested plants and number of cobs collected. Finally, the cobs of the subplots were harvested to estimate their weight in fresh and dry, and thus determine the production yield per hectare cultivated, resulting in 6.2 t/ha in Popayán and 5.8 t/ha in Morales. In conclusion, it is possible to take advantage of the spaces of a coffee crop (*Coffea arabica*) in renewal and improve the food and economic security of coffee growers, implementing the hybrid SGBIOH2 with good agricultural practices and good quality seed.

Keywords: corn, coffee, yield, density, SGBIOH2

Introducción

Los cultivos transitorios de maíz (*Zea mays L.*) han sido de gran importancia para la diversificación, los cuales además de mejorar las condiciones del suelo ayudan a reducir los costos en la producción del café (*Coffea arabica*), generando mejor calidad de vida para los caficultores y sus familias a través de mejores ingresos (Rojas, 2012).

De acuerdo con los autores Chiguachi & García (s.f.) y en complemento, se destaca que el departamento del Cauca, al encontrarse ubicado al sur occidente de Colombia, “presenta una gran diversidad de regiones geográficas y diversidad cultural, expresada en numerosos pueblos indígenas y comunidades campesinas que tienen múltiples sistemas productivos tradicionales en los cuales el maíz (*Zea mays L.*) es uno de sus componentes básicos” (p. 5). Lo cual expresa una amplia y diversa variedad de maíces criollos y también industriales.

La presente investigación, se enmarcó dentro de la línea de profundización de proyectos tecnológicos, tuvo como objetivo central, implementar prácticas agronómicas para el fortalecimiento de siembra de maíz (*Zea mays L.*) en dos veredas de la zona cafetera del Cauca, la vereda La Estación del municipio de Morales y la vereda La Sabana del municipio de Popayán. De esta manera, se buscó observar el desarrollo del material en campo para conocer los requerimientos nutricionales y susceptibilidad a plagas y enfermedades, como evaluar la productividad del maíz (*Zea mays L.*) en su primer ciclo intercalado con café (*Coffea arabica*), con el fin de obtener un alto rendimiento y alta densidad de siembra en el mismo cultivo.

Tradicionalmente, las comunidades indígenas y campesinas del Cauca implementan cultivos de maíz (*Zea mays L.*) y café (*Coffea arabica*) en pequeñas parcelas destinadas al consumo propio, a través de un sistema tradicional de agricultura, y en ocasiones con producción agroecológica, topográficamente en lugares planos del norte y centro del Cauca, en donde se destaca la presencia de “pequeñas áreas de monocultivos con el uso de agroquímicos, y mecanización, cuya producción está dirigida generalmente para el comercio” (Chiguachi & García, s.f., p. 6).

En atención a lo expuesto por Rojas (2012), frente a las prácticas tradicionales y autosostenibles, encontramos un creciente número de monocultivos en el departamento, y en Colombia en general, que han logrado se pierdan espacios productivos, siendo prácticas inadecuadas para el suelo, puesto que ocasionan su desgaste; son conocidos los riesgos de los monocultivos no son solo a nivel ambiental, sino también, económico, debilitando la seguridad alimentaria de miles de familias campesinas, indígenas y afrodescendientes en el Cauca.

La actividad del monocultivo del café (*Coffea arabica*) desgasta progresivamente el suelo; sin embargo, los caficultores pueden realizar buenas prácticas agrícolas para minimizar el impacto de estos monocultivos. Los caficultores de la región realizan prácticas de renovación de cafetales por lote deteniendo temporalmente la actividad agrícola y su producción, como estrategia se podría aprovechar el espacio de los lotes, mientras crece y se desarrolla el cultivo de café (*Coffea arabica*), para que por medio del establecimiento de cultivos transitorios puedan obtener ingresos adicionales y reducir los costos de producción (Rendón, 2016).

En este sentido, la presente propuesta se encaminó a tomar como punto de estudio, el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) intercalado con café (*Coffea arabica*) en dos localidades del departamento del Cauca, el municipio de Morales y el municipio de Popayán, siendo un proyecto demostrativo que permita sensibilizar sobre el uso potencial que tiene los suelos al intercalar cultivos agrícolas en estado de renovación, con cultivos transitorios, mientras se reducen costos de producción y obtienen ingresos adicionales.

Justificación

Para la Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente - ECAPMA de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD, el estudio de nuevas y mejoradas prácticas agronómicas para el fortalecimiento de siembra de maíz (*Zea mays L.*) en las zonas cafeteras del Cauca representa una valiosa oportunidad de transferir el saber académico hacia las comunidades que lo requieren.

Se considera en principio, que el departamento del Cauca ofrece excelentes condiciones geográficas para la siembra de ambos cultivos de forma autosostenible, es favorable implementar estrategias que ayude a la seguridad alimentaria y una oportunidad de cuidar el recurso natural de los suelos de familias campesinas, afrodescendientes e indígenas que depende de sus cultivos tradicionales, y no directamente de los grandes monocultivos que desgastan sus tierras y lesionan su economía familiar.

De acuerdo con Moreno (2013), el éxito al introducir material de siembra en una zona productora de maíz (*Zea mays L.*), inicia con la selección de materiales que se adapten lo mejor posible a las condiciones del medio ambiente (suelo y clima), y que expresen al máximo su potencial productivo. Cuando un material, híbrido o variedad, se siembra en ambientes distintos puede responder de manera diferente, por esta razón, no todos los híbridos o variedades son buenos en todos los sitios. Además, es importante conocer su respuesta frente a las enfermedades que atacan este cultivo, en especial cuando hay condiciones que les favorecen, para evitar con medidas adecuadas, que esas enfermedades reduzcan la producción a cantidades que no sean negocio al sembrar maíz (*Zea mays L.*)

Por lo anterior, se analizó en dos localidades (La estación en Morales y La sabana de Popayán) del Cauca, un nuevo híbrido de maíz (*Zea mays L.*) con una densidad de 50.000 plantas por hectárea, frente a condiciones de suelo y clima diferentes, en parcelas

de café en crecimiento por siembras nuevas; de manera que se pudiese observar con el tiempo las características agronómicas del maíz (*Zea mays L.*) y la producción en kilogramos por hectárea; para que el campesino pueda conocer los rendimientos y beneficios de este híbrido intercalado con el café (*Coffea arabica*).

Adicionalmente, se muestra resultados investigativos que evidencian la productividad del cultivo intercalado en una alta densidad; además de demostrar que la siembra de maíz (*Zea mays L.*) permite alcanzar ingresos económicos adicionales, dada la productividad del cultivo, la disminución de los costos en las desyerbas y la generación de un alimento básico en la dieta de las familias campesinas y propias del departamento del Cauca.

Problema

Descripción del Problema

A nivel mundial, en especial en las zonas andinas de América Latina, el impacto del cambio climático, derivado del calentamiento global, como por ejemplo “el fenómeno El Niño ha provocado, en todos los países de la Comunidad Andina, daños severos en la infraestructura y abruptas reducciones de los niveles de producción de la agricultura, pesca, y ramas de las manufacturas que dependen de los insumos que son producidos en estas industrias” (Comunidad Andina, 2008, p. 15). Se debe asumir entonces que, el cambio climático genera el aumento de pobreza de las naciones donde sus comunidades dependen directamente de cultivos propios en donde se requiere alternativas de siembra, con el fin de contrarrestar impactos negativos de los fenómenos naturales, derivados del desequilibrio ambiental, pero sobre todo, también de otras variables como los monocultivos y la pérdida de bosques y sistemas naturales de recuperación de los suelos productivos, donde se desarrollan las actividades agropecuarias.

Colombia no es ajena a esta realidad, pues para todos los países de la región donde existan comunidades campesinas, indígenas o afrodescendientes, el área rural es susceptible a afectaciones sociales, económicas y ambientales a causa del cambio climático. Sin embargo, no sólo el cambio climático impacta directamente, también las prácticas de monocultivo y el desarrollo agroindustrial de una economía global inciden en que los pequeños y medianos agricultores, quienes no siempre encuentran modos adecuados para adaptarse como tampoco estrategias de prevención y mitigación a nivel local.

A nivel nacional, en Colombia y como indica el Tercer Censo Nacional Agropecuario “cerca de la mitad del área agrícola sembrada en cereales en el área rural dispersa censada corresponde a maíz (*Zea mays L.*) blanco y amarillo, con el 53% de área sembrada” (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2014), además “el maíz (*Zea mays L.*) tiene una dimensión social importante en la alimentación de millones de colombianos, aportando el 9% del suministro diario de energía de su dieta, a través del consumo de alimentos como arepas y mazamorra, entre otros” (CIMMYT & CIAT, 2019). Por esta razón, es fundamental, reconocer los factores de riesgo que provienen del contexto global y ambiental, con el fin de encontrar nuevos modelos productivos que impulsen el sector agrícola de la región caucana donde el maíz (*Zea mays L.*) y el café (*Coffea arabica*), son parte importante de la vida, cultura y economía de las comunidades campesinas.

Planteamiento del Problema

La posibilidad de implementar prácticas agronómicas para el fortalecimiento de siembra de maíz (*Zea mays L.*) en dos municipios (Morales y Popayán) de la zona cafetera del Cauca, permite realizar estudios en favor de generar conocimientos agronómicos, que incentive el desarrollo tecnológico, lo cual favorece generar oportunidades para el desarrollo de proyectos productivos a largo plazo; en este sentido, se evidencia una necesidad en las comunidades campesinas del Cauca, para que en asistencia y acompañamiento de iniciativas académicas puedan llevar a cabo propuestas adaptadas a la zona, las cuales garanticen una mejor producción y genere mayores utilidades, de esta forma estimular la posibilidad de réplica del modelo por parte de los agricultores de la región.

Sistematización del Problema

De manera específica se reconoce que la siembra tradicional de maíz (*Zea mays L.*) que se realizan en la región cafetera del Cauca, no cuentan con prácticas agronómicas que se traduzcan en altos rendimientos por hectárea, lo que hace que esta actividad sea vista como poco rentable para el caficultor; pero también se perciben como potenciales rentables si se ofrecen propuestas alternativas. De allí, la necesidad de observar los requerimientos nutricionales y susceptibilidad a plagas y enfermedades de estos cultivos experimentales, al igual que poder evaluar la productividad del maíz (*Zea mays L.*) en su primer ciclo intercalado con café (*Coffea arabica*), con el fin de obtener un alto rendimiento y alta densidad de siembra en el mismo cultivo.

De acuerdo a los estudios que señala Moreno, Posada et al. (1995), una situación que refuerza la importancia de emprender investigaciones empíricas en el trabajo de campo sobre el maíz (*Zea mays L.*) corresponde a que:

En Colombia hay estudios que respaldan la búsqueda de alternativas viables de siembra del maíz (*Zea mays L.*) y del café (*Coffea arabica*), advirtiendo sobre los diversos factores limitativos de la producción, tales como: la falta de variedades adaptadas a la zona cafetera y el desconocimiento de manejo del cultivo cuando se siembra intercalado con el café (*Coffea arabica*) en relación con la época de siembra, las poblaciones y números de ciclos de producción.

Objetivos

Objetivo General

Implementar prácticas agronómicas para el fortalecimiento de siembra de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades (vereda La estación del municipio de Morales y vereda La sabana del municipio de Popayán) de la zona cafetera del Cauca.

Objetivos Específicos

Observar el desarrollo del material en campo para conocer los requerimientos nutricionales y susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Diseñar estrategias de prácticas agronómicas en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*), usando material de alto rendimiento y alta densidad de siembra.

Evaluar la productividad del maíz (*Zea mays L.*) en su primer ciclo intercalado con café (*Coffea arabica*), en dos localidades (vereda La estación del municipio de Morales y vereda La sabana del municipio de Popayán) de la zona cafetera de Cauca.

Marco Teórico

Antecedentes

En el contexto internacional y regional, sobresalen los siguientes estudios, considerando la oportunidad que tienen las comunidades para sembrar maíz (*Zea mays L.*) en los cultivos de café (*Coffea arabica*), de manera que se puedan utilizar en su diario vivir.

El proyecto denominado “Acompañamiento técnico en el manejo agronómico del maíz blanco híbrido en la finca el Danubio, municipio de Morales, departamento del Cauca”, estableció un cultivo del híbrido FNC3056 de maíz blanco en una hectárea de renovación por zoca de café variedad caturra (*Coffea arabica*), dando como resultado a las comunidades una visión de producción agro-sostenible rentable. Con el monitoreo y capacitaciones acerca de cultivos intercalados; el proyecto obtuvo una ganancia del 44%, que incentivó a los caficultores para conocer que los cultivos de maíz (*Zea mays L.*) en asocio con los cultivos de café (*Coffea arabica*), son una alternativa viable a nivel económico y productivo (Rojas, 2012).

De la misma manera se realiza investigación sobre el estudio denominado “Nuevos híbridos de maíz (*Zea mays L.*) para la zona cafetera” mediante el establecimiento de cuatro híbridos en densidades de 50.000 plantas /ha en cuatro estaciones experimentales del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), con condiciones agroclimáticas diferentes, en donde se concluyó que una fenómenos naturales como la Niña o el Niño son determinantes en el resultado de la producción de maíz (*Zea mays L.*) (Moreno, 2013).

Con el propósito de buscar oportunidades de diversificación del ingreso de las familias cafeteras, se han realizado estudios del sistema de producción de maíz (*Zea mays L.*) en asocio con café (*Coffea arabica*), para llevar a los productores herramientas tecnológicas que le permitieran potencializar la siembra de maíz (*Zea mays L.*) intercalado en lotes con siembras nuevas de café (*Coffea arabica*) como en zocas (Arcila et al., 2007).

Una vez documentado con las anteriores investigaciones realizadas por entidades como Cenicafé y otros investigadores del tema, se toman como referencia, teniendo en cuenta que el objetivo del proyecto tecnológico aplicado es implementar prácticas agronómicas en cuanto al establecimiento de un material de alto rendimiento a una alta densidad, para el fortalecimiento de la siembra de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades (La estación de Morales y La sabana de Popayán) de la zona cafetera del Cauca.

Bases teóricas

Generalidades de Maíz (Zea mays L.) en Colombia.

Según el Centro Internacional de Agricultura y Tropical (CIAT) y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) (2019), el cultivo del maíz (*Zea mays L.*) es el tercero con mayor área sembrada en Colombia, como cultivo importante en la industria agroalimentaria.

En Colombia se realizan dos prácticas de producción, el tradicional y el tecnificado, el tradicional consiste en cultivos que se establecen en suelos con baja fertilidad, generalmente tiene gran diversidad de semillas criollas y uso limitado de híbridos. En zonas frías se puede sembrar en asocio con frijol (*Phaseolus vulgaris*), papa

(*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*) y arveja (*Pisum sativum*), y con trigo (*Triticum aestivum*) y papa (*Solanum tuberosum*), como cultivos de rotación, mientras que en la zona cálida se puede asociar con yuca (*Manihot esculenta*), café (*Coffea arabica*), plátano (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). La producción tecnificada corresponde a un cultivo de una sola especie, establecido en terrenos planos, de más de cinco hectáreas, y con buena fertilidad donde se puedan usar semillas mejoradas (CIAT & CIMMYT, 2019).

Híbrido SGBIOH2 de Maíz (Zea mays L)

El híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*) biofortificado con Zinc, del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), este híbrido se conoce por tener rendimiento alto, de aproximadamente 10 t/ha, al mismo tiempo que tiene buen desarrollo agronómico en las regiones cafeteras de Colombia. Es un grano blanco con alto contenido de zinc, cristalino y con textura dura (Biofortificado, 2019).

La adaptación de este híbrido se da en la región cafetera de Colombia a una altura entre los 1.200 a 1.800 m.s.n.m. En zona cafetera este maíz (*Zea mays L.*) puede ser sembrado en asocio con café (*Coffea arabica*), realizando prácticas específicas para cada cultivo. Los cultivos intercalados como maíz (*Zea mays L.*) y café (*Coffea arabica*), favorecen de manera ambiental y aportan alternativas de ingresos por total de superficie.

Diversificación de la Producción

Según la FAO (2018), la rotación de cultivos es una actividad eficiente para el suelo, en la cual este se aprovecha con el establecimiento de varios cultivos con el objetivo de implementar varios cultivos agrícolas que mejoren la sostenibilidad del suelo.

Según lo mencionado anteriormente en las zonas cafeteras hay opciones de producción mediante el café (*Coffea arabica*) incorporando cultivos agrícolas transitorios en parcelas renovadas por nueva siembra o soqueo, permitiendo favorecer la seguridad alimentaria, variar las alternativas de producción, reducir costos y generar nuevos empleos; sin embargo, al asociar cualquier cultivo con café (*Coffea arabica*) es importante manejar apropiadamente y de forma independiente cada cultivo acorde a sus recomendaciones técnicas. En el establecimiento de maíz (*Zea mays L.*) se usan materiales mejorados que se adapten a las zonas, ya sean variedades o híbridos, en donde se pueda trabajar con densidades de siembra y prácticas agrícolas adecuadas, relevantes lograr una buena producción evitando la competencia entre los cultivos (Díaz et al., 2008).

Ventajas de la Producción de Maíz (Zea mays L.) asociado con Café (Coffea arabica)

Mencionan Vanegas & Polania (2004), que gran parte de la región cafetera de Colombia presentan buenas condiciones para producir de manera rentable y competitiva el maíz (*Zea mays L.*), permitiendo obtener buen rendimiento en los cultivos. Las ventajas para los caficultores por sembrar maíz (*Zea mays L.*) asociado con café (*Coffea arabica*) renovados por soca o siembra nueva son:

- Aumento de recursos económicos mientras que el cultivos de café (*Coffea arabica*) crece y se desarrolla.
- Oportunidad de empleos adicionales.
- Ahorro económico para el manejo de los dos cultivos.

- La siembra de maíz (*Zea mays L.*) no requiere de infraestructuras para el manejo y aprovechamiento del cultivo.
- Se puede usar las mismas herramientas o equipos, para el manejo de ambos cultivos en la finca.

Aspectos Tecnológicos del Maíz (Zea mays L.) en Café (Coffea arabica).

Se encontraron los siguientes aspectos siendo importantes dentro del cultivo de (*Zea mays L.*) en café (*Coffea arabica*).

Manejo Agronómico. Para asociar cualquier cultivo con el café (*Coffea arabica*) es importante desarrollar manejos agronómicos independientes para cultivo, con el fin de evitar competencia entre los cultivos y así lograr buena producción para cada uno. De esta manera, desarrollando buenas prácticas agronómicas en los cultivos intercalados, manejando materiales mejorados, densidades apropiadas, distancias de siembra adecuadas en el cultivo principal, y buen manejo de suelos, se puede lograr aumentar la producción de otros bienes permitiendo la eficiencia biológica y económica del sistema, y así, mejorar las condiciones de vida de los productores. Sin embargo, la siembra de maíz (*Zea mays L.*) se debe realizar de manera sostenible con los recursos, con el propósito de optimizar la producción y generar mayor rentabilidad del sistema de maíz (*Zea mays L.*) / café (*Coffea arabica*) (Arcila et al., 2007).

Condiciones Agroecológicas de la Zona de Estudio (Popayán - Morales).

Como se mencionó anteriormente los sitios cafeteros son apropiados para una producción excelente del maíz (*Zea mays L.*), cómo lo es el departamento del Cauca pues su clima, su variada topografía entre otros factores han hecho que cada vez se tenga mayor

producción teniendo condiciones favorables para el cultivo, dado a que se requieren suelos con abundante materia orgánica que superen al 4% de textura, con un buen filtración interno y externo, pH entre 5.5 y 7, 0, temperatura promedio de 23°C, lluvias de 1.800 a 2.000 mm/año bien distribuida, con un promedio mensual mínimo de 1200 m (Rojas, 2012).

El departamento del Cauca tiene gran diversidad de regiones geográficas y culturales, que se evidencia con la presencia de numerables comunidades indígenas y campesinas, que manejan de manera tradicional diversos sistemas de producción agrícola como el maíz (*Zea mays L.*), siendo uno de los más importantes para sus comunidades, por la amplia variedad de maíces criollos. Se han reportado mayores hectáreas sembradas con maíz (*Zea mays L.*) tradicional que con maíz (*Zea mays L.*) tecnificado. En el norte del Cauca, las comunidades establecen parcelas pequeñas de agricultura tradicional para su autoconsumo, principalmente en Guachené, Padilla, Santander de Quilichao, Caloto, Puerto Tejada y Morales (*Zea mays L.*) (Chiguachi & García, s.f.).

En la Tabla 1, se presentan las condiciones agroecológicas del área de estudio:

Tabla 1

Condiciones agroecológicas de la zona de estudio (Popayán-Morales)

Factores	Condiciones de la zona	
	Popayán	Morales
Temperatura	15.7	17.9
Humedad	82.3 %	91.3%
Precipitaciones	336 mm	118 mm
Altura	1.731 m.s.n.m.	1.671 m.s.n.m.

Nota. Elaboración propia (2022).

Aislamiento del Lote de Café (*Coffea arabica*) para la Siembra de Maíz (*Zea mays L.*). Menciona Rojas (2012), que generalmente al terminar el año se finaliza el ciclo de cosechas en donde se procede a soquear el cultivo de café (*Coffea arabica*) para arrancar con un nuevo ciclo de cultivo, los restos que quedan de la plantación se pueden repicar y regar de manera uniforme sobre toda el área del suelo, se debe tener control de malezas las cuales se pueden proliferar en la pre-siembra, afectado la emergencia del maíz (*Zea mays L.*) e incrementando la competencia de arvenses en los primeros 30 y 40 días de desarrollo del cultivo, se pueden controlar manual o químicamente, después de tres meses empiezan aparecer abundantes brotes en los tocones que quedaron del café (*Coffea arabica*). El maíz (*Zea mays L.*) puede sembrarse aprovechando la aparición de lluvias de uno a dos meses después de realizado el soqueo y se debe programar la práctica de deschupone de brotes que sobran a la zoca estando el maíz (*Zea mays L.*) pequeño o en plena desarrollo foliar.

Semilla para la Siembra de Maíz (*Zea mays L.*). Es recomendable el uso de semillas aptas a las condiciones de las regiones cafeteras de Colombia, por medio del uso de variedades o híbridos, de esta manera se puede esperar producciones eficientes en los cultivos por establecer en zonas para su óptimo desarrollo. Se puede decir que la selección de semilla de maíz (*Zea mays L.*) es determinante en el éxito del desarrollo y producción del cultivo (Rojas, 2012).

Época de Siembra. Como cualquier cultivo agrícola, es apropiado realizar la siembra en la época inicial de lluvias, todo esto con el propósito de garantizar suficiente humedad en el suelo y cantidad de agua para promover la germinación de la semilla, el

crecimiento y desarrollo de las plantas, y que la cosechas y sus actividades puedan coincidir con los meses de verano. Es importante tener presente que el suelo debe tener buena humedad en los primeros 115 a 120 días del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) (Rojas, 2012).

Distancia y Densidad de Siembra. La densidad de siembra se define como el número de plantas en un área determinada, siendo muy determinante para el cultivo debido a que tiene efecto directo en la producción su producción. Al intercalar maíz (*Zea mays L.*) en zocas de café (*Coffea arabica*) es recomendable sembrar el maíz (*Zea mays L.*) en el centro de las calles del café (*Coffea arabica*).

Rojas (2012), señala que:

En lotes de café (*Coffea arabica*) sembrados 1,15 x 1,15 se acostumbra a sembrar tres semillas por sitio cada 45 cm, para posteriormente ralea y ajustar a dos o tres plantas alternadamente por sitio, con lo cual se establece una población promedio de 48.000 plantas por hectárea. Si el café (*Coffea arabica*) está a 1,20 m, se hacen sitios cada 33 cm de distancia, es decir, tres sitios en un metro lineal de surco y se dejan dos semillas por sitio, con lo cual se establecen alrededor de 50.000 plantas por hectárea.

Análisis de Suelo. Para Rojas (2012), el análisis de suelo da una aproximación de la fertilidad, que tiene relación con la disponibilidad de nutrientes para las plantas y depende de un balance de macro y microelementos minerales, demostrando que los más requeridos son Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

Rojas (2012) menciona como proceso de muestreo de suelo el siguiente:

Para el análisis de suelo se establece la unidad de muestreo, donde se procede a recolectar las submuestras, recorriendo la unidad establecida en zigzag o en cualquier otra forma sistemática, tomando una de ellas cada cierta distancia. Si se utiliza una pala, se toma cada submuestra, cuidando de que todas sean a la misma profundidad, posterior se realiza un corte en V y luego se saca una tajada de más o menos 5 cm de espesor a una profundidad de 20 cm, eliminando ambos bordes, luego se procede a realizar una mezcla homogénea de todas las submuestras obtenidas en un balde limpio donde se saca una muestra representativa de aproximadamente 1 kg; por último, se empaca en una bolsa plástica y se envía al laboratorio de suelos con un rótulo que contenga la siguiente información: nombre de la finca, nombre del propietario, localización, teléfono, altitud, cultivos establecidos, cultivos a establecer y profundidad de la muestra.

Fertilización. La primera fertilización se hace en la siembra o entre los 8 y 10 días de sembrado, con 10 gramos de abono por sitio, entre una fuente de fósforo y una de potasio en proporción de 3:2, o una mezcla de 14-30-15 o 14-4-23 (Rojas, 2012).

Manejo de Arvenses. Según Moreno (2003), se pueden utilizar diferentes métodos de control como desyerbe selectivo, corte con machete, guadaña o productos químicos, el cual se realiza a los 30 o 40 días posteriores a la siembra, según cómo se encuentre el cultivo.

Enfermedades en el Maíz (*Zea mays L.*). Las enfermedades más comunes que atacan el maíz (*Zea mays L.*) en los lugares cafeteros son causadas por hongos como: la mancha de asfalto, mancha gris, quemazón o tizón, roya, entre otras. Estas enfermedades las favorecen las constantes lluvias y la humedad alta, a las cuales, los distintos materiales de maíz (*Zea mays L.*) híbridos o variedades son más o menos delicados a esa amplia gama de hongos (Vanegas & Polania, 2004).

Para su control es clave el monitoreo periódico del cultivo, por ejemplo, si las enfermedades aparecen entre 50-55 días de prefloración, es necesario hacer aplicaciones de fungicidas protectantes dirigidas al follaje o en floración con fungicidas curativos y realizar un nuevo monitoreo 15 o 20 días después (Vanegas & Polania, 2004).

En la Tabla 2, se presentan las principales enfermedades a tener en cuenta en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*):

Tabla 2

Principales enfermedades para el cultivo de maíz (Zea mays L.)

Nombre común	Agente causal	Manejo y control
Quemazón o tizón de turcium	<i>Helminthosporium turcicum</i> .	- Usar maíces con resistencia genética. - Balance nutricional. - Fungicidas (Protectantes y sistémicos).
Mancha gris	<i>Cercospora spp.</i>	- Balance nutricional. - Fungicidas (Protectantes y sistémicos).
Mancha de asfalto	<i>Phylachora, Monographela y Coniotynum</i>	- Uso de resistencia genética. - Control de humedad. - Fungicidas (Protectantes y sistémicos).
Royas	<i>Puccinia polysora y Physopela zeae</i>	- Uso de resistencia genética. - Control de humedad. - Fungicidas (Protectantes y sistémicos).

Nota. Adaptado de Vanegas & Polania, (2004).

Tizón Común (*Exserohilum turcicum*) del Maíz (*Z. mays L.*). La plataforma del Herbario Virtual Fitopatología (2022), menciona que uno de los primeros síntomas se da

cuando aparecen pequeñas manchas de forma ovalada en las hojas, las cuales cambian luego a forma alargada y necrótica. Estos síntomas normalmente se dan en las hojas inferiores una semana después de tener la infección. El tamaño de las manchas está entre 2,5 a 15 cm, de color ceniza, verde-grisáceas o pardas. Generalmente, los patógenos no afectan las espigas, aunque se puedan generar lesiones en las brácteas de la espiga.

Mancha Gris o Rectangular (Cercospora zae-maydis) del Maíz (Zea mays L.).

Aparece en forma de pequeñas manchas necrófilas con halos. Se riegan en heridas rectangulares, de aspecto gris o marrón, de 1 mm de ancho por hasta 5 a 8 cm de largo. Las heridas maduras poseen bordes paralelos distintos y parecen opacas cuando se muestran a la luz, pero las heridas híbridas varían mucho en forma y color (Herbario Virtual Fitopatología, 2022).

Las condiciones que favorecen la infección incluyen la combinación de temperaturas moderadas a cálidas con alta humedad (más del 95%) durante periodos largos. La mancha gris se convierte en problema cuando se siembra directamente sin rotación de maíz (*Zea mays L.*) (Herbario Virtual Fitopatología, 2022). Para el manejo integrado ante esta enfermedad se encuentra la rotación de cultivos, resistencia genética y aplicación de productos fúngicos foliares.

Mancha de Asfalto (Phyllachora maydis Maublanc). Las lesiones son oscuras, pequeñas entre 0,5 a 2,0 mm de diámetro, en forma de óvalos o a veces redondas, presentándose de hasta 10 mm de largo en las hojas. Inicialmente, los síntomas se ven reflejados en las hojas mediante pequeños puntos negros, pasando esta infección al resto de hojas y también otras plantas. Las lesiones son invadidas por el hongo *M. maydis*

luego de dos o tres días, formando en ellas una elipse de color verde, conocido como el síntoma “ojo de pescado” de la mancha de asfalto. Las lesiones pueden crecer rápidamente cuando las condiciones se lo permiten, avanzando en toda la hoja y causando finalmente su marchitamiento (Invesa, 2022).

La mancha de asfalto (*Phyllachora maydis Maublanc*) puede aparecer antes del llenado de las mazorcas, causando pérdida de peso y granos chupados y flojos, que pueden germinar de manera prematura (Intagri, 2022).

El control de esta enfermedad se realiza a partir de un manejo integral que incluye seguimiento, buenas prácticas agrícolas y semillas resistentes a la enfermedad.

El Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (2012) recomienda las siguientes acciones:

- Rotar cultivos e incorporar rastrojos en plantas con lesiones.
- Usar densidades de siembra recomendadas para cada zona.
- Sembrar en fechas oportunas y evitar las siembras escalonadas.
- Realizar la fertilización recomendada.

Royas (*Puccinia polysora*). La roya del maíz (*Zea mays L.*) se muestra como pequeñas pústulas rojizo-anaranjadas semejantes a la cabeza de un alfiler en el lado superior de las hojas más viejas, y muy pocas en la parte inferior. Estas pústulas son un polvo de forma circular u ovalada, levantadas y muy agrupadas. Cuando la enfermedad se encuentra avanzada se riega en todas partes, También se miran manchas cloróticos y necróticos en las hojas. Las hojas jóvenes son más fáciles de contaminarse que las hojas viejas y esto hace que los cultivos sembrados más tarde sean susceptibles a la enfermedad. Esta enfermedad termina con la podredumbre y el aplamamiento de los tallos

y una semilla de mala calidad. Su abundante propagación puede causar considerables pérdidas de rendimiento (Plantix, 2022).

Plagas en Cultivos de Maíz (*Zea mays L.*). Menciona Vanegas & Polania (2004), resumido en la Tabla 3, que generalmente los insectos más comunes presentes en casi todas las etapas del cultivo del maíz (*Zea mays L.*) son (Tabla 3):

Tabla 3

Principales plagas en el cultivo de maíz (Zea mays L.)

Nombre común	Agente causal	Manejo y control
Tierreros y trozadores	<i>Agrotis ipsilon</i>	- Control biológico (insectos benéficos y depredadores). - Tratamiento de semilla (Semevin. Gaucho). - Cebos tóxicos.
Cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	- Control biológico (insectos benéficos y depredadores). - Control microbiológico (bacteria y hongos entomopatógenos).
Barrenador del tallo	<i>Diatraea saccharalis</i>	- Control biológico.
Gusano de la mazorca	<i>Heliothis zea</i>	- Control biológico y microbiológico.

Nota. Adaptado de Vanegas & Polania, (2004).

Gusano Trozador (*Agrotis ipsilon*). Según la plataforma Plantix (2022), estos insectos se presentan en la mayoría de fases de desarrollo vegetativo de los cultivos, prefiriendo las plantas jóvenes. También mencionan qué:

Si hay presencia de un número elevado de orugas durante la germinación de las plántulas y además hay mucha maleza en los alrededores del sembradío, los daños pueden resultar severos. Las orugas jóvenes se alimentan a poca distancia del

suelo de las malas hierbas o del maíz, en caso correspondiente, y dejan pequeños orificios irregulares en las hojas tiernas. En el caso de los adultos, permanecen bajo suelo durante las horas del día y emergen por la noche para alimentarse de la base de las plantas. Cuando las plantas son jóvenes incluso las arrastran hasta llevarlas bajo tierra y cortan los tallos a nivel del suelo, lo que causa daños a los tejidos en desarrollo, inhibe el crecimiento de la planta o definitivamente provoca la muerte. Los gusanos trozadores también pueden cavar los tallos y causar que las plantas más viejas se marchiten o se encorven

Gusano Cogollero del Maíz (*Spodoptera frugiperda*). Según Vanegas & Polania (2004), este gusano es conocido como la plaga que representa mayor relevancia a nivel económico para el cultivo del maíz (*Zea mays L.*), destacando qué:

Tiene abundantes hospederos que les permite permanecer y dispersarse en los cultivos. Es funcional para su manejo, realizar la siembra del maíz (*Zea mays L.*) en los meses de lluvia, porque se garantiza la germinación de la semilla y el óptimo desarrollo inicial de la planta, minimizando la incidencia del gusano dado a que es susceptible al agua. Asimismo, el periodo de lluvias nocturnas no favorece los vuelos de la mariposa y el agua estancada en los cogollos ahoga las larvas o las obliga a salir a enfrentarse con enemigos naturales.

Barrenador del Tallo (*Diatraea saccharalis*). Lo podemos encontrar tanto en maíz (*Zea mays L.*) como en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Las larvas recién nacidas se alimentan de las hojas más jóvenes ocasionando un daño similar por el gusano *S. frugiperda* luego ingresan en el tallo barrenándolo, dentro del cual se alimentan y una vez cumplido el ciclo abren un orificio en el antes de convertirse en pupa para facilitar la salida de la mariposa adulta y comenzar de nuevo su ciclo (Vanegas & Polania, 2004),

El cultivo de maíz (*Zea mays L.*) atacado se reconoce por la presencia de rotos en los tallos con restos de una especie de aserrín de aspecto húmedo y a causa del ataque se seca la espiga. La plaga posee muchos enemigos naturales como parasitoides de huevos (*Telenomus* y *Trichogramma*). Si la infestación es abundante se recomienda como manejo cultural evitar la permanencia de los restos de cosecha y zocas de maíz (*Zea mays L.*) (Vanegas & Polania, 2004).

Gusano de la Mazorca (*Heliothis zea*). Es conocido por presentar puntos en su cuerpo y tener tonalidades que varían desde claras a oscuras. Las larvas emergen desde los cabellos de la mazorca, alimentándose de ella y generando daños en los granos, lo que causa para el productor afectaciones económicas por la pudrición de la mazorca. Los enemigos naturales son *Cydoneda sanguínea*, *Cofleomegilfa maeulata*, *Orius sp* y *Hyperaspis festiva*, y se puede aplicar *Verticillium leeamii* y *Beauveria bassiana* para su control (Vanegas & Polania, 2004).

Cosecha. El maíz (*Zea mays L.*) De acuerdo con Vanegas & Polania (2004), se puede recolectar para el consumo en estado de mazorca o choclo a los 90 días de sembrado, o para semilla seca, entre los 155 a 175 días. Se debe cosechar con una humedad entre 20-21% (alrededor de los 155 días de sembrado); de lo contrario, se debe esperar a que la semilla tenga menos del 17% de humedad, se recomienda comenzar la cosecha cuando el 80% de las mazorcas se encuentren dobladas, y posteriormente se debe secar al sol.

colocaron en un recipiente evitando tocarse unas con otras, se cubrieron con papel húmedo y se dejaron así por cinco días, aplicando humedad al papel diariamente; luego, las semillas fueron descubiertas para verificar su estado de germinación, obteniendo el 90 por ciento de semillas germinadas (Figura 2).

Figura 2

Proceso de selección, pesaje y determinación de porcentaje de germinación en semilla de híbrido SGBIOH2 de maíz (Zea mays L.)



Nota. Elaboración propia (2022).

- a) Selección de semilla de maíz (*Zea mays L.*).
- b) Pesaje de semilla.
- c) Prueba germinación día 1.
- d) Prueba germinación día 5 = 90%.

La etapa de siembra se realizó de forma manual para los dos sitios de estudio. En la parcela ubicada en la vereda La Estación (Morales), el café (*Coffea arabica*) se estableció a una distancia de 1.20 m. entre planta por 1.20 m. entre surcos, y la distancia de siembra para el maíz (*Zea mays L.*) fue de 50 cm. por 50 cm. entre planta y 1.30 m. entre surcos (Figura 3).

Figura 3

Vereda La Estación, Morales. Finca El Yari. Caficultor: Pedronel Alegría



Nota. Elaboración propia (2022).

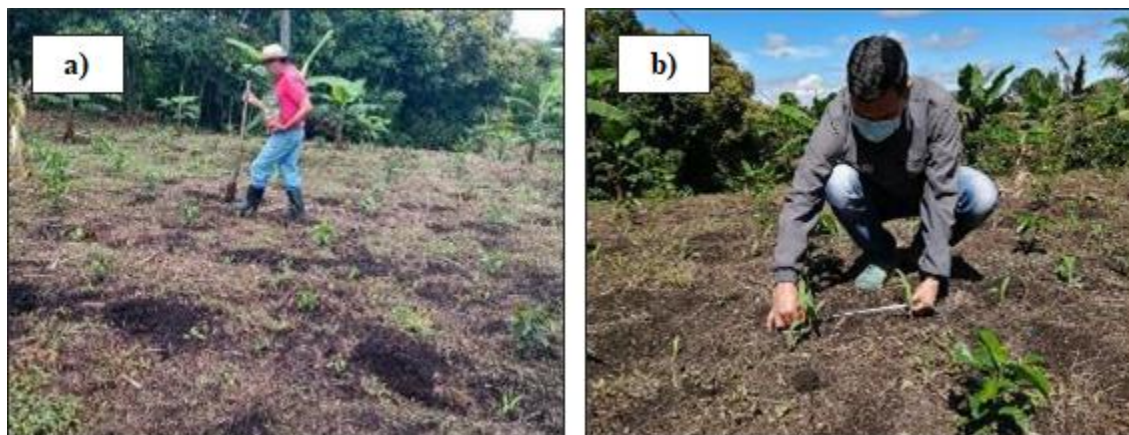
a) Establecimiento de plantas de maíz (*Zea mays L.*)

b) Verificación distancia de siembra entre planta de maíz (*Zea mays L.*) de 50 cm.

En la parcela de la vereda La Sabana (Popayán) la separación de siembra del café (*Coffea arabica*) fue de 1.30 m. entre planta por 1.30 m. entre surcos, y para las plantaciones de maíz (*Zea mays L.*) se realizó a una distancia de 30 cm. por 30 cm. entre planta y 1.20 m. entre surcos (Figura 4). En ambos cultivos se sembraron dos semillas por hoyo, presentando una densidad de 51.282 y 33.333 plantas de maíz (*Zea mays L.*) por hectárea en Popayán y Morales consecutivamente.

Figura 4

Vereda La Sabana, Popayán. Finca San Vicente. Caficultor: Franco Quiroz.



Nota. Elaboración propia (2022).

a) Establecimiento de plantas de maíz (*Zea mays L.*)

b) Verificación distancia de siembra entre planta de maíz (*Zea mays L.*) de 30 cm.

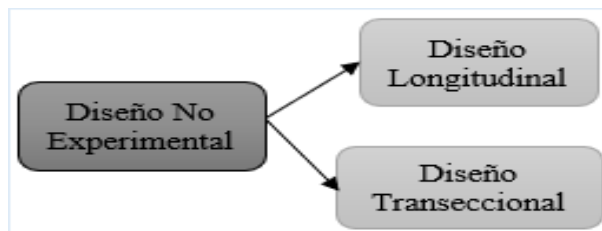
Diseño Metodológico

Se implementó un Diseño No Experimental para conocer la respuesta del nuevo híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*) a las condiciones edafoclimáticas de las dos localidades, evaluando las características agronómicas del maíz (*Zea mays L.*) mediante un Diseño Longitudinal, el cual nos permite obtener datos del desarrollo del fruto en periodos de tiempo determinados; y la producción en kilogramos por hectárea del cultivo de maíz (*Zea mays L.*) mediante un Diseño Transeccional, que permite obtener datos en un momento dado como es el caso de la etapa de cosecha (Figura 5).

Con lo anteriormente mencionado, se realizó salidas de campo al cultivo de maíz (*Zea mays L.*) intercalado con café (*Coffea arabica*) para la recolección mediante planillas de campo los datos cuantitativos y cualitativos (observación de requerimientos nutricionales, susceptibilidad a plagas y enfermedades, entre otras).

Figura 5

Metodología de Diseño No Experimental



Nota. Elaboración propia (2022).

Monitoreo al Cultivo del Híbrido SGBIOH2 Maíz (*Zea mays L.*)

Se realizaron visitas semanales durante cinco meses para observar la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo, y los requerimientos nutricionales. A medida que se visitaron plantas al azar en cada parcela para conocer su crecimiento y desarrollo, se observó en detalle si había presencia de plagas o enfermedades, y si las plantas presentaban deficiencias nutricionales, con el propósito de aplicar las recomendaciones para su manejo, sugeridos por la ficha técnica del desarrollador del híbrido. Todas las observaciones e información cualitativa fueron registradas en los comentarios de cada visita a las parcelas.

Recolección de la Información

La información fue registrada por medio de planillas de campo (Apéndices E-J) diseñadas conforme a los datos cuantitativos que se querían obtener sobre cada parcela de estudio como altura de la mazorca en centímetros y cantidad de mazorcas por planta, además de la información sobre ubicación, nombre del productor propietario y registros de siembra, como se observa en la Figura 6. Adicionalmente, se llevó un registro fotográfico que se conserva en los apéndices (E-J) del presente trabajo.

Figura 6

Formato de planilla de campo para recolección de datos sobre crecimiento y producción de las plantas de maíz (Zea mays L.)

Municipio: _____			Distancia de siembra: _____		
Vereda: _____			Número de parcela: _____		
Nombre del productor: _____			Área de parcela: _____		

No. planta	Altura mazorca (cm)	Cantidad de mazorca por planta
1		
2		
3		
...		
30		

No. planta	Altura mazorca (cm)	Cantidad de mazorca por planta
31		
32		
33		
...		
60		

Procesamiento de la Información

La información registrada en las planillas de campo fue tabulada en Microsoft Excel para realizar el análisis estadístico correspondiente, y sistematizar y estandarizar la información cualitativa que permitiera generar conclusiones y recomendaciones sobre las características del nuevo híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*) y su posible manejo agronómico.

Resultados Esperados

En la Tabla 4, se menciona los productos esperados, tanto en la parte documental como el hallazgo de resultados los cuales son de gran importancia tanto para los lectores del documento final como para los productores donde se espera dar a conocer sobre las adecuadas prácticas agrícolas a implementar en cultivos con híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*)

Tabla 4*Diseño metodológico*

Resultado / Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Documento sobre características agronómicas y rendimiento de producción en kilogramos por hectárea del nuevo híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>) intercalado con cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>) en crecimiento por siembra nueva, evaluado en dos localidades (La Estación, Morales y La Sabana, Popayán) de la zona cafetera del Cauca.	Documento escrito con los resultados obtenidos (Tesis).	- Estudiante de pregrado, - Comunidad académica, - Comunidad cafetera del Cauca, - Caficultor propietario de la parcela.
Resultado de la observación en el comportamiento del nuevo híbrido SGBIOH2 de maíz (<i>Zea mays L.</i>) (requerimientos nutricionales, susceptibilidad a plagas y enfermedades, costos de producción, entre otros), intercalado con café (<i>Coffea arabica</i>) en crecimiento por siembra nueva, en dos localidades (La Estación, Morales y La Sabana, Popayán) de la zona cafetera del Cauca	Documento escrito con los resultados obtenidos (Tesis).	- Estudiante de pregrado, - Comunidad académica, - Comunidad cafetera del Cauca, - Caficultor propietario de la parcela.
Maíz (<i>Zea mays L.</i>) producido por cada hectarea.	Kilogramos de maíz (<i>Zea mays L.</i>) en seco por hectárea.	- Caficultores propietarios de las parcelas

Nota. Elaboración propia (2022).

Resultados

El establecimiento de los cultivos, el comportamiento de los mismos frente a los factores climáticos y el desarrollo de las plantas de maíz (*Zea mays L.*) y mazorcas, permitieron obtener datos cualitativos importantes para determinar estrategias sobre las prácticas agronómicas a implementar, y los datos cuantitativos ayudaron a estimar variables importantes para determinar el rendimiento de la producción del híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*).

Resultados del Monitoreo de Plagas y Enfermedades en los Cultivos del Híbrido SGBIOH2

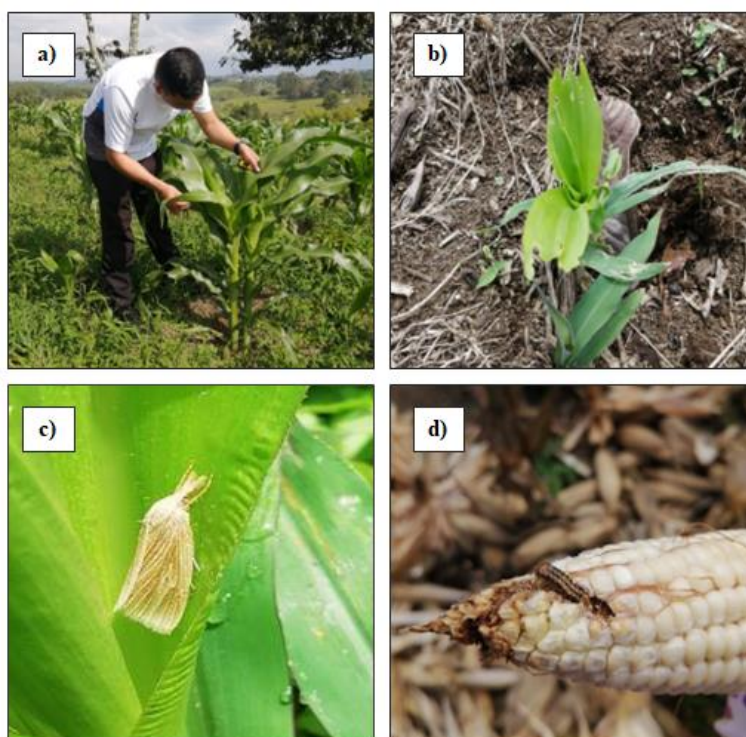
El primer mes, en la Finca San Vicente, vereda La Sabana del municipio de Popayán y después del establecimiento del maíz (*Zea mays L.*), se encontró en las plantas la presencia de polillas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y en el segundo mes, se evidenció la presencia del gusano trozador (*Agrotis ipsilon*). Se puede resaltar que la presencia en esta parcela de las plagas mencionadas anteriormente fue mínima debido al control cultural y preventivo, mediante la aplicación de PYRINEX 4EC entre 1 – 1.5 L/ha cada 10 a 15 días, durante el desarrollo del cultivo.

En cuanto al cultivo en la Finca El Yari de la vereda La Estación en el municipio de Morales, el primer y segundo mes, luego de la siembra del maíz (*Zea mays L.*) se encontró presencia del ataque del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y gusano trozador (*Agrotis ipsilon*). En los siguientes meses continuaron los problemas fitosanitarios en la parcela a causa de *S. frugiperda* y *A. ipsilon* (Figura 7). El control de plagas en esta parcela no fue tan frecuente como el realizado en la Finca San Vicente, por lo que al ser la infestación alta los controles realizados fueron correctivos con PYRINEX

4EC en las mismas dosis descritas anteriormente. En la cosecha, se evidenció el gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) en algunas mazorcas de las sub-parcelas evaluadas.

Figura 7

Monitoreo de plagas y enfermedades a plantas del híbrido SGBIOH2



Nota. Elaboración propia (2022).

- a) Seguimiento a plantas del híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*).
- b) Afectación por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- c) Polilla del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- d) Gusano de la mazorca (*Heliothis zea*).

De acuerdo con Rojas (2012), el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es la principal plaga que ataca el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en todas las etapas de desarrollo vegetativo, manifestando también que los mayores efectos sobre la planta se realizan en épocas secas y durante el estado larval.

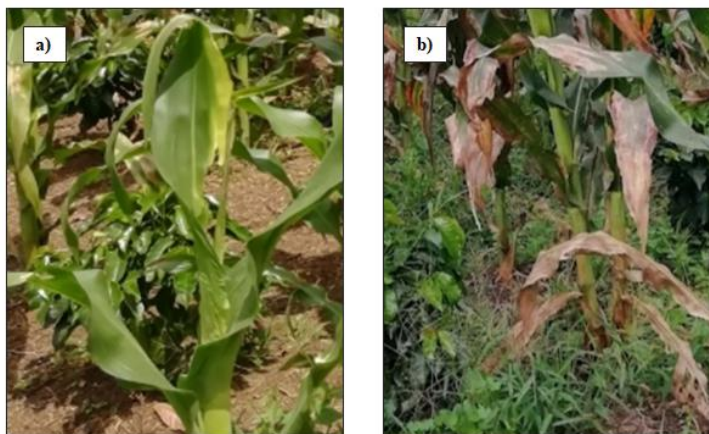
Referente a las enfermedades presentes en el cultivo, para las dos localidades se encontró la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) con muy bajas infestaciones. Según

la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2019), se puede determinar que el híbrido SGBIOH2 presenta baja infestación a la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*), y puede ser resistente a determinadas enfermedades, tomando esta observación bajo las altas condiciones ambientales de lluvia e intensidad lumínica a las que el cultivo estuvo expuesto que hubiesen permitido la proliferación de enfermedades.

En cuanto a los requerimientos nutricionales, se encontró mediante observación y seguimiento del cultivo en las dos parcelas (Morales y Popayán), deficiencias nutricionales principalmente en Potasio (Figura 8), determinadas por el amarillamiento y necrosis en los bordes de las hojas de maíz (*Zea mays L.*). Como medida de corrección de esta deficiencia se aplicó 17-6-18-2, un fertilizante granulado en proporción NPK-Mg, distribuyendo 15 gramos por sitio.

Figura 8

Deficiencia nutricional de Potasio (K) en plantas del híbrido SGBIOH2



Nota. Elaboración propia (2022).

a) Deficiencia nutricional en Potasio (K), finca San Vicente (Popayán).

b) Deficiencia nutricional en Potasio (K), finca El Yari (Morales).

Resultados sobre Información Cualitativa Registrada en Campo: Estrategias de Prácticas Agronómicas para el Cultivo de Maíz (*Zea mays L.*)

Luego de realizar el seguimiento correspondiente al cultivo de maíz (*Zea mays L.*) y acompañar las etapas de crecimiento y desarrollo en campo, se realizaron prácticas agronómicas teniendo en cuenta que se quiere responder a la necesidad de aprovechar el espacio que deja la renovación de café (*Coffea arabica*) con material híbrido de maíz (*Zea mays L.*) de alto rendimiento, adaptado a altas densidades de siembra. Las prácticas agronómicas realizadas se registraron con el fin de diseñar y recopilar junto a otros autores, un modelo de prácticas a seguir para el manejo de este cultivo.

Densidad de siembra

Las densidades de siembra de los cultivos fueron las adecuadas de acuerdo a las densidades sugeridas por la Gerencia Técnica Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2020), las cuales se recopilan en la Tabla 5, considerando ser altas densidades de siembra para el establecimiento de maíz (*Zea mays L.*).

Tabla 5

Densidades de siembra óptimas para establecimiento de maíz en altas densidades

Distancia de surco de café (<i>Coffea arabica</i>) (m)	Número de surcos de maíz (<i>Zea mays L.</i>)	Distancia entre sitios en el surco de maíz (<i>Zea mays L.</i>) (m)	Plantas por sitio	Densidad (plantas/ha)
1,0	1	0,40	2	50.000
1,3	1	0,30	2	51.282
1,4	2	0,50	2	57.143
1,5	1	0,25	2	53.333
1,5	2	0,50	2	53.333

Nota. Gerencia Técnica Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, (2020).

Siembra

La siembra se realizó en el mes de mayo para las dos localidades, siendo un mes recomendado para la siembra del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), teniendo en cuenta que la época de lluvia en las zonas cafeteras del departamento del Cauca corresponde a los meses entre marzo y mayo (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2019).

Fertilización

A continuación, se menciona dentro de la fertilización del cultivo la preparación del sitio de siembra, las tres fertilizaciones realizadas para el manejo del cultivo y una corrección de deficiencia nutricional:

- Quince días previo a la siembra se aplicó abono orgánico, como medida de preparación del sitio, con 1 kilo de gallinaza compostada y 100 gr de cal.
- Aproximadamente, entre los primeros ocho y diez días posteriores a la siembra, se realizó la primera fertilización en la base de la planta con 10 gr por sitio, de una mezcla de difosfato de amonio (DAP) y cloruro de potasio (KCl).
- La segunda fertilización se realizó entre los veinticinco y treinta días de establecido el cultivo, utilizando una mezcla de 10 gr por sitio, entre urea (aproximadamente 6 gramos) y cloruro de potasio (aproximadamente 4 gramos).
- La tercera y última fertilización, se realizó entre los cuarenta y cuarenta y cinco días de sembrado, utilizando 5 gr de urea por sitio.
- Adicionalmente, se aplicó 17-6-18-2 (NPK-Mg), para corregir la deficiencia de Potasio presentada en las parcelas de estudio de maíz (*Zae mays L.*),

Control de arvenses

Se realizó el control de arvenses de forma manual y mecánico (guadaña), cada 15 a 20 días según la intensidad de lluvias, al mismo tiempo que se realizó el control de arvenses del cultivo de café (*Coffe arabica*), lo que permitió reducir costos de operación en el manejo de los cultivos.

Control de plagas y enfermedades

El monitoreo del cultivo permitió evidenciar presencia y ataques de plagas y enfermedades. Para el caso de las plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), se realizaron controles preventivos culturales y controles correctivos aplicando PYRINEX 4EC.

Para el caso de las enfermedades, no se encontró alta infestación de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) por lo que no se realizó ningún control.

Cosecha de mazorcas de maíz (Zea mays L.)

Las mazorcas fueron cosechadas con el fin de obtener grano seco, razón por la cual la cosecha se dio aproximadamente entre los 156 días en promedio para las dos localidades, dentro del rango sugerido por Vanegas & Polania (2004), quienes recomiendan hacerlo entre los 155 a 175 días.

Finalmente, se dejó en campo los residuos de cosecha para evitar el crecimiento de las arvenses y de esta manera ayudar a incrementar la materia orgánica en el suelo y asimismo, conservar su humedad.

Resultados sobre información cuantitativa recolectada en campo

Para la recolección de información y por cada parcela de estudio, se tomó de la hectárea de cultivo, tres (3) sub parcelas de 25 m², dentro de las cuales se registró la altura de las plantas y la altura de la primera mazorca. Por otro lado, y durante la cosecha, se obtuvo información sobre el número de plantas cosechadas y el número de mazorcas recolectadas. Posteriormente en campo, se pesó la totalidad de mazorcas cosechadas por cada subparcela, luego se tomó el peso de maíz (*Zea mays L.*) seco y por último se determinó el rendimiento de maíz seco por hectárea cultivada (Figura 9).

Figura 9

Recolección de información sobre el híbrido SGBIOH2 en parcelas de 25m²



Nota. Elaboración propia (2022).

- a) Subparcelas de 25m² de maíz (*Zea mays L.*) en La Estación, Morales.
- b) Cosecha de mazorcas híbrido SGBIOH2 en La Estación Morales.
- c) Pesaje de mazorcas en La Estación, Morales.
- d) Pesaje de mazorcas en La Sabana, Popayán.

En cuanto al número de mazorcas cosechadas se estableció que en promedio cada planta cosechada produce 1,1 mazorcas, para conocer el valor total de mazorcas recolectadas se multiplico por este factor el número de plantas cosechadas (Tabla 5).

Para determinar el peso del maíz (*Zea mays L.*) seco, se tomó que una (1) mazorca tiene viables 550 granos, de igual manera se tiene como referencia que 100 granos pesan 30 gramos, por lo tanto, se tiene que:

$$\frac{550 \text{ granos}}{1 \text{ mazorca}} \times \frac{30 \text{ gr}}{100 \text{ granos}} = 165 \frac{\text{gr}}{\text{mazorca}}$$

Así, se obtiene el valor del peso de maíz seco.

Con respecto al rendimiento, se toma como referencia el cálculo de la subparcela 1 de la vereda La Estación en Morales, para el cual se determinó de la siguiente manera:

$$\frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \times \frac{17 \text{ Kg}}{25 \text{ m}^2} \times \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ Kg}} = 6.8 \frac{\text{t}}{\text{ha}}$$

Para cada sub-parcela se realizaron las anteriores estimaciones con el propósito de obtener los resultados promedio de rendimiento por parcelas, en la vereda La Estación del municipio de Morales y la vereda La Sabana del municipio de Popayán.

En la Tabla 6, se consolidan los resultados de las sub-parcelas en las cuales se encuentran los datos de campo como altura de la planta, altura de la mazorca, número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas y peso de mazorcas en campo; asimismo, se encuentran las estimaciones calculadas para peso de maíz seco y su rendimiento en T/ha.

Tabla 6

Resultados de rendimiento (t/ha) de maíz (Zea mays L.) seco del híbrido SGBIOH2 en dos localidades del Cauca, (Morales y Popayán).

Parcela / Ubicación	Sub-Parcela (25 m ²)	Altura de la planta (cm)	Altura del maíz (cm)	Número de plantas cosechadas (2 por sitios)	Número de mazorcas cosechadas (1,1/plt)	Peso de mazorcas en campo (Kg)	Peso de maíz seco (165g)	Rendimiento (T/ha) de maíz seco
Parcela 1	1	2,1	1,1	94	103,4	18,2	17	6,8
Finca El Yari	2	2,30	1,15	70	77	13,5	12,7	5,1
Morales	3	2,35	1,2	74	81,4	15,4	13,3	5,4
Promedio Parcela 1		2,25	1,15	79,3	87,2	15,7	14,3	5,8
Parcela 2	1	2	1,05	102	112,2	19,5	18,5 k	7,4
Finca San Vicente	2	1,9	1	80	88	16,7	14,5 k	5,8
Popayán	3	2,2	1,15	76	83,6	15,2	13,8 k	5,5
Promedio Parcela 2		2,03	1,06	86	94,6	17,1	15,6	6,2

Nota. Elaboración propia, (2022).

Según la plataforma Biofortificados (2020), el SGBIOH2 es un híbrido con potencial de rendimiento mayor a 10 T/ha en la zona cafetera colombiana. Con respecto a los resultados, este rendimiento se obtiene cuando las plantaciones se ubican, para el caso del café (*Coffea arabica*) a una distancia de 1,10 m. entre planta por 1.40 m. entre surcos, y el maíz (*Zea mays L.*) a una distancia de 30 cm. por 30 cm. entre planta y 1.0 m. entre surcos, de dos hileras por calle, para una densidad de 50.000 plantas de maíz (*Zea mays L.*) por hectárea.

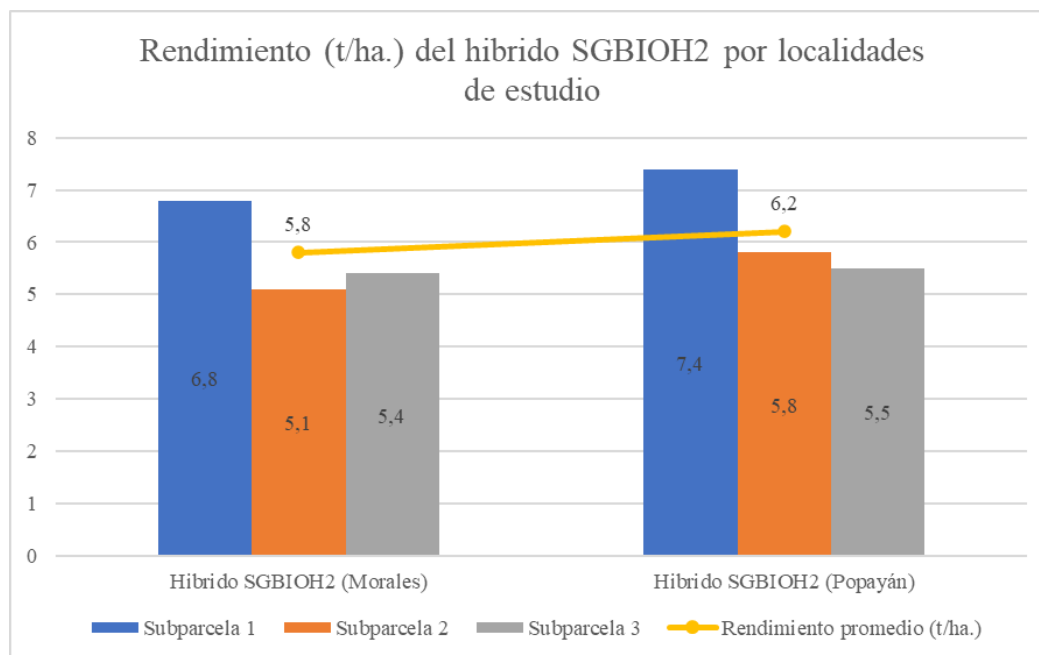
En cuanto a los promedios de rendimiento de maíz (*Zea mays L.*) seco para el híbrido SGBIOH2, calculados en las dos localidades evaluadas, dio como resultado 5,8 t/ha. en la vereda La Estación de Morales y 6,2 T/ha. en la vereda La Sabana de Popayán, como se puede apreciar en la Figura 10, donde se observa que la producción no alcanzó el rendimiento esperado.

Una de las causas corresponde a la densidad de los cultivos de café (*Coffea arabica*) y maíz (*Zea mays L.*), ya que la distancia de siembra para el café (*Coffea arabica*) en la parcela localizada en la vereda la Estación (Morales), fue de 1,20 m. entre planta por 1,20 m. entre surcos, y la distancia de siembra del maíz (*Zea mays L.*) fue de 50 cm. por 50 cm. entre planta y 1,30 m. entre surcos.

Asimismo, la parcela de la vereda la Sabana, en el municipio de Popayán, no obtuvo el rendimiento esperado debido a que el establecimiento del café (*Coffea arabica*) fue a 1,30 m. entre planta por 1,30 m. entre surcos, y para las plantaciones de maíz (*Zea mays L.*) se realizó a una distancia de 30 cm. por 30 cm. entre planta y 1,20 m. entre surcos.

Figura 10

Rendimiento de maíz seco del híbrido SGBIOH2 en Morales y Popayán



Nota. Elaboración propia (2022).

Otra causa presentada para el bajo rendimiento del maíz (*Zea mays L.*), corresponde a las condiciones de clima extremo, como fue la sequía para el municipio de Morales, lo que generó estrés hídrico en las plantas principalmente en la etapa de establecimiento del maíz (*Zea mays L.*); y granizo para el municipio de Popayán afectando con helada las plantas.

En cuanto al manejo agrícola del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), el control de arvenses no fue el más adecuado debido a que se tuvo competencia por espacio, luz, agua y nutrientes; como tampoco se realizó una adecuada prevención y control de plagas como lo fue para el gusano cogollero (*Spodoptera, frugiperda*), gusano trozador (*Agrotis*

ípsilon), gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) y barrenador de tallo (*Diatraea saccharalis*) afectando así la producción de las mazorcas y su rendimiento final.

Otros de los factores que influyeron en el rendimiento corresponden a las condiciones climáticas que se presentaron en la etapa inicial, la irregularidad en las precipitaciones y temperaturas, densidades de siembra no adecuadas, también se desencadenaron ataques de plagas y enfermedades; roya común (*Phyllachora maydis Maublanc*), mancha foliar y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*); factores que perjudicando la plantación.

Con respecto a investigaciones y análisis realizados en el departamento del Cauca, los autores Achinte & Bravo (2013), en su estudio denominado “Evaluación de la producción de maíz (ICA-V-305) (*Zea mays L.*), con cinco abonos orgánicos: Inagro, Gallinaza, Porquinaza, Bovinaza y Conejaza, en la vereda Cajete, Municipio de Popayán” señalan que el resultado de rendimiento obtenido para la semilla certificada ICA-V-305, fue de 1,75 t/ha (Tabla 7) y la distancia de siembra fue de 0.5 m entre plantas y 1 m entre surco, para una densidad de 20.000 plantas por hectárea, un rendimiento inferior a los del presente estudio, sin embargo, se decide comparar su rendimiento con el híbrido blanco SGBIOH2 para identificar el grado de rendimiento en una zona similar, considerando que las prácticas agronómicas y el tipo de maíz (*Zea mays L.*) utilizados fueron distintos.

Adicionalmente, se compara el rendimiento, para este caso se coloca en función de la menor densidad, que para el caso particular corresponde al estudio tomado (20000 plantas/hectárea), se realiza las respectivas conversiones obteniendo que para la zona de estudio en la vereda La Sabana del municipio de Popayán el rendimiento es de 2,43 y

para la vereda La Estación del municipio de Morales es de 3,46 para dicha densidad, identificando que la variedad de híbrido de maíz (*Zea mays L.*) biofortificado con alto contenido de Zinc (SGBIOH2) presenta mayor rendimiento con respecto a ICA-V-305.

Tabla 7

Rendimiento de maíz (Zea mays L.) seco en ICA-V-305 (t/ha)

Parcela	Altura de la planta (cm)	Largo de mazorca (cm)	Número de mazorcas cosechadas (1,1/plt)	Número de granos por mazorca	Rendimiento (T/ha) de maíz seco
Rango	84 - 153	10,5 – 14,5	1 – 1,67	294 - 337	1,2 – 2,3
Promedio	132	12,9	1,3	315,5	1,7

Nota. Evaluación de la producción de Maíz (ICA V – 305) *Zea mays L.*, con cinco abonos orgánicos: Inagro, Gallinaza, Porquinaza, Bovinaza, Conejaza, en la vereda Cajete, Municipio de Popayán (2022).

A nivel nacional, se puede comparar con la variedad de maíz (*Zea mays L.*) Corpoica V-114 de grano amarillo, el cual es regularmente susceptible a la enfermedad “caña flecha o punta loca”, siendo una variedad cuyo grano es usado de forma diversa en la alimentación humana o animal, alcanzando un rendimiento promedio de 4,3 t/ha (Mejía et al., 2020), por debajo del material de estudio híbrido SGBIOH2, que en promedio obtuvo un rendimiento de 6 t/ha (Tabla 8).

Asimismo, el híbrido blanco SGBIOH2 tiene mayor rendimiento que la variedad de maíz Corpoica V-159, la cual presenta un rendimiento de 4,3 t/ha, (Tabla 8) siendo esta una variedad de grano blanco caracterizado por su moderada resistencia a la pudrición de mazorcas, siendo usada esta variedad para la comercialización y el consumo humano (Mejía et al., 2020).

Tabla 8

Rendimiento de maíz (Zea mays L.) seco en Corpoica-V-114 y Corpoica-V-159 (t/ha)

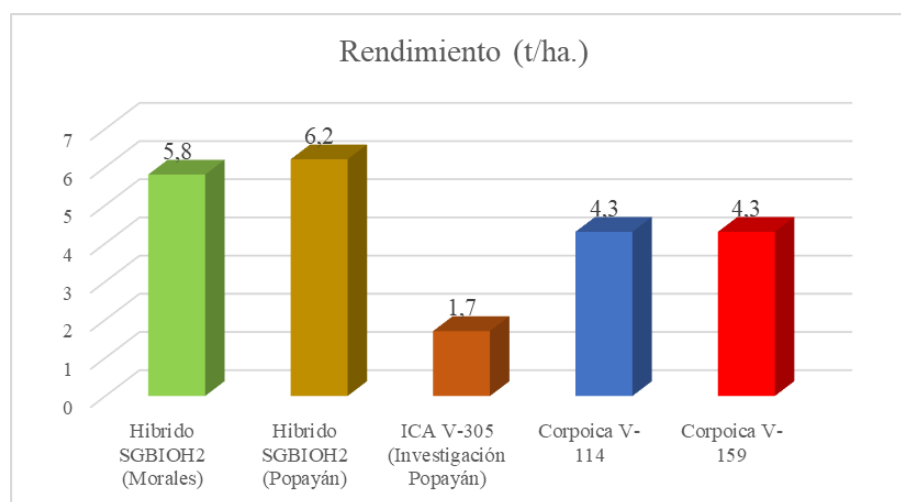
Variedad	Altura de la planta (cm)	Largo de mazorca (cm)	Número de granos por mazorca	Rendimiento (T/ha) de maíz seco
Corpoica-V-114	243 - 293	14-23	432 - 648	3,5 - 5,8
Promedio	268	18,5	540	4,3
Corpoica-V-159	210	16 - 20	432 - 648	2,4 - 6,2
Promedio	210	18	540	4,3

Nota. Corpoica V-114y Corpoica V-159 Variedades de maíz de alta producción para la región caribe de Colombia (2020).

Como se observa en la Figura 11, los resultados del estudio sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) híbrido SGBIOH2 es superior a los rendimientos de las semillas certificadas del ICA-V-305 y de las variedades Corpoica V-114 y V-159.

Figura 11

Rendimiento del híbrido SGBIOH2 (t/ha), frente a otras variedades



Nota. Elaboración propia (2022).

Conclusiones

El proyecto desarrolló a partir del establecimiento de un cultivo de maíz (*Zea mays L.*) híbrido blanco SGBIOH2 en los municipios de Popayán y Morales, departamento del Cauca, obteniendo resultados adecuados en volumen y calidad de producción. Se proyectó lograr una cosecha entre 8 y 9 t/ha de maíz (*Zea mays L.*) seco, pero el rendimiento alcanzado fue de 5,8 t/h en el municipio de Morales y 6,2 t/h en el municipio de Popayán. Lo anterior, se atribuye al periodo de sequía que afectó la etapa inicial del cultivo, las precipitaciones y temperaturas irregulares, las densidades de siembra no adecuadas, y el ataque de plagas y enfermedades como roya común (*Phyllachora maydis Maublanc*), mancha foliar y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), perjudicando aproximadamente el 19% de la plantación.

Partiendo de la necesidad de aprovechar los espacios que quedan después de una renovación de cafetal, ya sea por zoca o siembra nueva, con el fin de disminuir costos y labores operacionales para el manejo de arvenses en las calles del cultivo del café (*Coffea arabica*), generar mayores ingresos económicos y alternativas de seguridad alimentaria, se debe elegir un cultivo semestral apropiado a estos objetivos, como lo fue para el presente estudio, la selección del híbrido SGGBIOH2 de maíz (*Zea mays L.*) como material de alto rendimiento establecido en altas densidades de siembra.

La observación sobre el comportamiento agronómico del híbrido blanco SGBIOH2 utilizado en el estudio, permitió inferir que el híbrido puede ser resistente a la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis Maublanc*), debido a que no se presentó una incidencia considerable de la enfermedad en las parcelas de estudio. Adicionalmente,

experiencias de otros autores señalados en el presente estudio, mencionan que, durante el desarrollo del cultivo, no se presentó evidencias importantes de esta enfermedad (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2019).

Dentro de los beneficios se pudo determinar que el híbrido de maíz (*Zea mays L.*) biofortificado con Zinc SGBIOH2 ofrece grandes ventajas al sembrarlo en las renovaciones de los cafetales, ya que permite el aprovechamiento del espacio, una alta productividad, ingresos económicos adicionales y mejor nutrición humana.

Se pudo concluir que el rendimiento promedio por hectárea está dentro de los márgenes producidos en Colombia, ya que según el Ministerio de Agricultura (2021), el rendimiento fue de 5.81 t/h y los resultados obtenidos en promedio con el proyecto fueron de 6 t/h en las condiciones anteriormente mencionadas.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones se debe tener en cuenta que la selección de la semilla y que sea un material que se adapte a las condiciones edafoclimáticas en las regiones donde se implementará, ya que por la alta variabilidad climática se puede presentar la proliferación de plagas y enfermedades en el cultivo, los cuales generan consecuencias adversas en los mismos.

El seguimiento al cultivo de maíz (*Zea mays L.*) permite identificar oportunamente la presencia de plagas, enfermedades o inclusive, deficiencias nutricionales, las cuales deben ser corregidas oportunamente mediante controles culturales integrales, para evitar retardos en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo.

El maíz (*Zea mays L.*) es un cultivo exigente en nutrientes y es preciso razonar la fertilización en los distintos elementos en función de las necesidades del cultivo y de los aportes del suelo para alcanzar un desarrollo vegetativo óptimo y altas producciones. Por tanto, el ajuste de la fertilización del maíz (*Zea mays L.*) es un aspecto clave para optimizar la rentabilidad del cultivo, mantener la fertilidad del suelo y minimizar las posibles afecciones medioambientales negativas que el mal uso de los fertilizantes puede provocar.

Uno de los pasos claves en la implementación, prueba y validación de una nueva tecnología, es la instalación de parcelas de ensayo, que pueden ser lotes de tamaño pequeños donde el agricultor pone a prueba la tecnología recibida, con sus propios conocimientos y condiciones, llevando a cabo su trabajo en compañía de una persona con

conocimiento técnico que actúe como guía, para recopilar la información del agricultor relacionada a la viabilidad de la nueva ciencia que se le ha sido entregada, de esto dependerá la adopción o rechazo por parte del productor.

Se recomienda para futuras siembras de maíz (*Zea mays L.*) el híbrido biofortificado con Zinc SGBIOH2, seguir al pie de la letra las prácticas agrícolas como preparación de suelo, manejo de distancia de siembra, control de arvenses, control de plagas y enfermedades y una correcta fertilización para obtener los mejores resultados de productividad.

Referencias

- Achinte, A. & Bravo, E. (2013). Evaluación de la producción de Maíz (ICA V – 305) *Zea mays L.*, con cinco abonos orgánicos: Inagro, Gallinaza, Porquinaza, Bovinaza, Conejaza, en la vereda Cajete, municipio de Popayán. [Tesis de grado, Universidad del Cauca]. Repositorio institucional.
<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/862>
- Arcila, J., Farfan, F., Moreno, A., Salazar, L. y Hincapie, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. [Libro digital]. <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/12/Sistemas-produccion-cafe-Colombia.pdf>
- Biofortificados. (2020). *SGBIOH2 Híbrido de maíz biofortificado con alto contenido de Zinc*. Sitio web. https://biofortificados.com/wp-content/uploads/2020/09/folleto_maiz_hibrido_SGBIOH2_colombia_rev_2020.pdf
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2019). *Maíz para Colombia visión 2030*. [Libro digital]. <https://www.fenalce.org/archivos/maiz2030.pdf>
- Chiguachi, D. & García, M. (s.f.). *Diagnóstico de maíces criollos de Colombia. Región Andina: Cauca y Nariño*. [Libro digital]. <https://www.semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/regin-cauca-y-nario.pdf>
- Comunidad andina. (2008). *El cambio climático no tiene fronteras*. [Libro digital]. https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/OtrosTemas/MedioAmbiente/libro_cambioclimatico.pdf

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE. (2014). Censo Nacional Agropecuario: Novena entrega de resultados 2014. Sitio web.
<https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-9-cultivos/9-Boletin.pdf>
- Díaz, D., Moreno, A., García, J. & Mejía, J. (2008). Sistema: “Frijol relevo Maíz”, intercalado en zocas de café. Una opción para diversificar la producción. Avances técnicos Cenicafé, 0375, 1-4. Sitio web.
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/389/1/avt0375.pdf>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2019, 16 de septiembre). Híbrido de Maíz Biofortificado con Zinc, Tips del Profesor Yarumo [video]. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=0mPyfa818E4>
- Gerencia Técnica Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2020). *Maíz híbrido SGBIOH2 Fortificado con Zinc*. [Libro digital].
https://www.cenicafe.org/es/publications/maiz_presentacion.pdf
- Herbario Virtual Fitopatología. (2022). Herbario Virtual Fitopatología. Sitio web.
https://herbariofitopatologia.agro.uba.ar/?page_id=168
- Intagri. (2022). El complejo de la mancha de asfalto en el cultivo de maíz. Sitio web.
<https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-complejo-de-la-mancha-de-asfalto-en-el-cultivo-de-maiz>
- Invesa. (2022). Cultivos y blancos biológicos. Sitio web:
<https://www.invesa.com/product/mancha-de-asfalto/>
- Mejía, S., Tapia, J., Atencio, L. & Sanches, L. (2020). Corpoica V-114 y Corpoica V-159: variedades de maíz de alta producción para la región Caribe de Colombia.

Agrosavia. Sitio web.

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/164>

Ministerio de Agricultura. (2022). Maíz Dirección de cadenas a agrícolas y forestales.

Sitio web.

<https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Paginas/Direccion-de-Cadenas-Agricolas-y-Forestales.aspx>

Moreno, A. & Rivera, J. (2003). Rotación de cultivos intercalados de café con manejo integrado de arvenses. Avances técnicos Cenicafé, 0307, 1-8. Sitio web.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4184/1/avt0307.pdf>

Moreno, A. (2013). Nuevos híbridos de maíz para la zona cafetera. Avances técnicos Cenicafé, 435, 1-4. Sitio web.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/472/1/Avt0435.pdf>

Moreno, A., Posada, H. & Mestre, A. (1995). Obtenga ingresos adicionales al intercalar maíz en siembras nuevas de café. Avances técnicos Cenicafé, 220, 1- 4. Sitio web.

<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1077/1/avt0220.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO.

(2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Construcción participativa del diagnóstico de suelos. Diseño de planes de intervención. Prácticas de manejo sostenible de los suelos. Sitio web.

https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrban/a/pdf/suelo/Guia_de_buenas_practicas_para_la_gestion_y_uso_sostenible_de_los_suelos_en_areas_rurales.pdf

Plantix. (2022). Roya del Maíz, Plagas y enfermedades. Sitio web.

<https://plantix.net/es/library/plant-diseases/100100/southern-rust-of-maize>

Rendon, J. (2016). Sistema de renovación de cafetales para recuperar y estabilizar la producción. Avances técnicos Cenicafé, 463, 1-8. Sitio web.

<https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT0463.pdf>

Rojas, J. (2012). Acompañamiento técnico en el manejo agronómico del maíz blanco híbrido FNC3056 en la finca el Danubio, municipio de Morales, departamento del Cauca. [Tesis de grado, Universidad del Cauca]. Repositorio institucional.

<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/804>

Vanegas, H. & Polania, F. (2004). Maíz en la zona cafetera. Fenalce. [libro digital]

<http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3827/1/029.pdf>

Apéndice

Apéndice A. Semilla híbrido SGBIOH2 de maíz (*Zea mays* L.) y montaje de prueba de germinación



Apéndice B. Registro fotográfico de la Prueba de Germinación en semilla del híbrido SGBIOH2 de maíz (Zea mays L.)



**Avance
día 2**



**Avance
día 3**



**Avance
día 4**



**Porcentaje de
germinación = 90%**

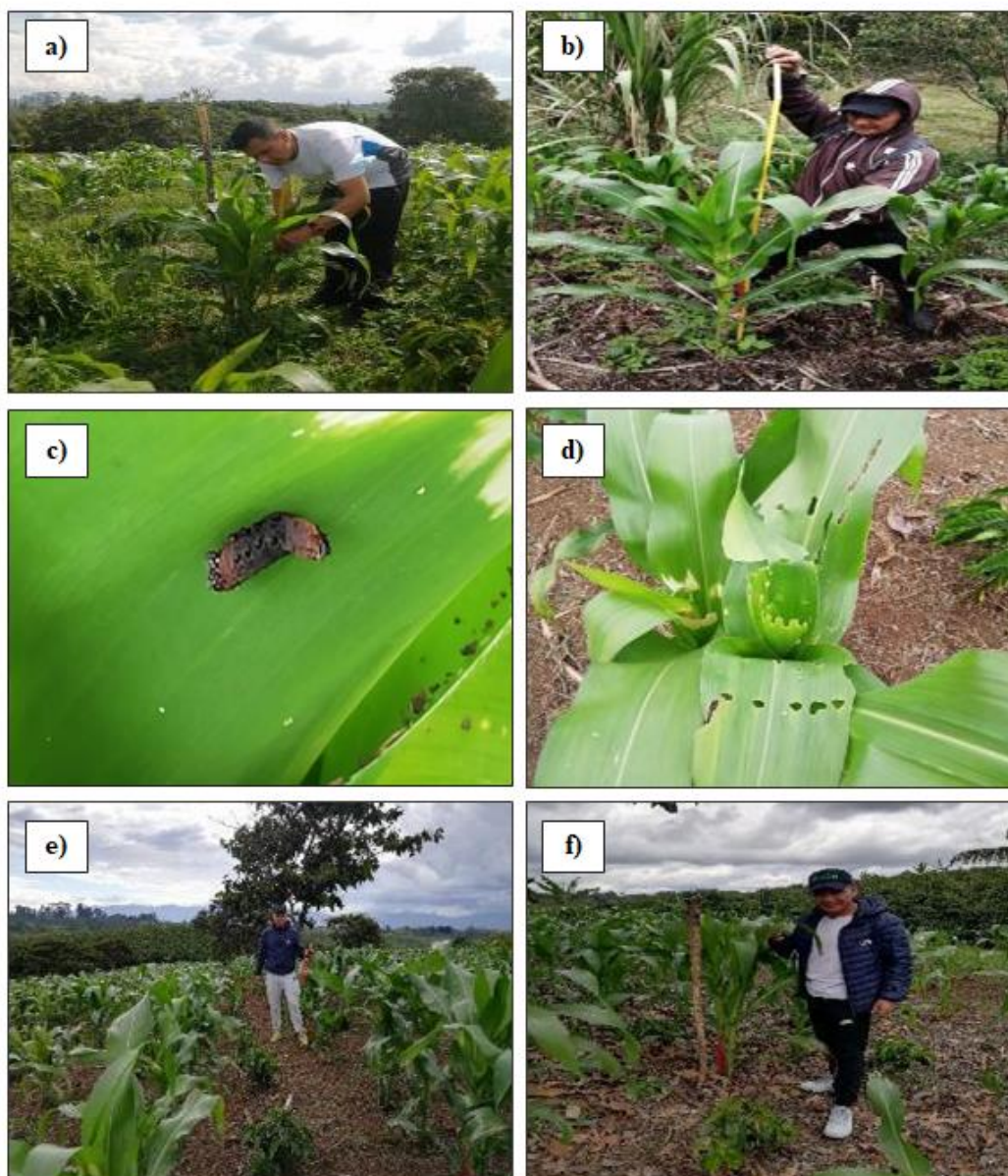


Avance día 5

**Apéndice C. Registro fotográfico de seguimiento a cultivos de híbrido SGBIOH2 de
maíz (*Zea mays* L.)**

Vereda La Estación, Morales.

Vereda La Sabana, Popayán.



- Nota.** a) Monitoreo de subparcelas de 25m² de maíz (*Zea mays* L.) en La Estación, Morales.
 b) Monitoreo de subparcelas de 25m² de maíz (*Zea mays* L.) en La Sabana, Popayán.
 c) Seguimiento fitosanitario del cultivo en La Estación, Morales. Gusano cogollero (*S. frugiperda*).
 d) Seguimiento fitosanitario del cultivo en La Sabana, Popayán. Afectación por *S. frugiperda*.
 e) Monitoreo de maíz (*Zea mays* L.) en La Estación, Morales.
 f) Monitoreo de maíz (*Zea mays* L.) en La Sabana, Popayán.

Apéndice D. Registro fotográfico de cosecha a cultivos de híbrido SGBIOH2 de maíz

(*Zea mays* L.)



- Nota.** a) Medición de altura de mazorca en subparcelas de 25m² en La Estación, Morales.
b) Medición de altura de mazorca en subparcelas de 25m² en La Sabana, Popayán.
c) Cosecha de mazorcas en La Estación, Morales.
d) Conteo de mazorcas en La Estación, Morales.

Apéndice E. Planillas de campo Finca El Yari, vereda La Estación, municipio de
Morales – Subparcela 1

PLANILLA DE CAMPO

Municipio: Morales
Vereda: La Estación
Nombre del Productor: Pedro Nel Alegría Sarria

Distancia de siembra: 0,5 m x 1,20 m
Número de parcela: 1
Área de parcela: 25 m²

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
1	110	2
2	100	2
3	110	1
4	120	1
5	130	1
6	120	1
7	110	2
8	90	2
9	80	1
10	100	1
11	120	1
12	110	1
13	100	1
14	110	1
15	110	1
16	100	1
17	110	1
18	120	1
19	110	1
20	100	1
21	100	1
22	120	1
23	110	1
24	100	1
25	100	1
26	100	1
27	120	1
28	100	1
29	90	1
30	100	1
31	130	1
32	110	1
33	120	1
34	110	1
35	110	1
36	130	1
37	120	1
38	80	1
39	110	2
40	110	1
41	110	1
42	110	1
43	90	1
44	120	1
45	100	1
46	100	1
47	100	1

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
48	100	1
49	100	1
50	100	1
51	120	1
52	90	1
53	110	1
54	110	1
55	110	2
56	110	2
57	80	1
58	120	1
59	130	1
60	110	1
61	110	1
62	120	1
63	110	1
64	130	1
65	100	1
66	90	1
67	100	1
68	120	1
69	100	1
70	100	1
71	100	1
72	110	1
73	120	1
74	100	1
75	100	1
76	110	1
77	120	1
78	110	1
79	100	1
80	110	1
81	110	1
82	100	1
83	110	1
84	120	1
85	100	1
86	80	1
87	90	2
88	110	2
89	120	1
90	130	1
91	120	1
92	110	1
93	100	2
94	110	2

Apéndice F. Planillas de campo Finca El Yari, vereda La Estación, municipio de
Morales – Subparcela 2

PLANILLA DE CAMPO

Municipio: Morales
Vereda: La Estación
Nombre del Productor: Pedro Nel Alegria Sarria

Distancia de siembra: 0,5 m x 1,20 m
Número de parcela: 2
Área de parcela: 25 m²

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
1	110	2
2	100	1
3	110	1
4	120	1
5	130	1
6	110	1
7	100	1
8	80	1
9	110	1
10	120	1
11	110	2
12	100	1
13	110	1
14	120	1
15	140	1
16	80	1
17	100	1
18	120	1
19	100	1
20	100	1
21	100	1
22	110	1
23	100	1
24	120	1
25	100	1
26	110	1
27	110	1
28	120	1
29	150	1
30	130	1
31	120	1
32	100	1
33	110	1
34	100	1
35	100	1
36	100	1
37	100	1
38	110	1
39	100	1
40	120	1
41	130	1
42	150	1
43	120	1
44	110	1
45	110	1
46	100	1

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
48	100	1
49	110	2
50	100	1
51	100	1
52	100	1
53	120	1
54	100	1
55	80	1
56	140	1
57	120	1
58	110	2
59	100	1
60	110	2
61	120	1
62	110	1
63	80	1
64	100	1
65	110	1
66	130	1
67	120	1
68	110	1
69	100	1
70	110	2

**Apéndice G. Planillas de campo Finca El Yari, vereda La Estación, municipio de
Morales – Subparcela 3**

PLANILLA DE CAMPO

Municipio: Morales
Vereda: La Estación
Nombre del Productor: Pedro Nel Alegría Sarria

Distancia de siembra: 0,5 m x 1,20 m
Número de parcela: 3
Área de parcela: 25 m²

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
1	110	1
2	120	1
3	100	1
4	110	1
5	110	1
6	110	1
7	90	1
8	100	2
9	100	1
10	110	1
11	100	2
12	90	1
13	90	1
14	90	1
15	80	1
16	70	1
17	70	1
18	80	1
19	90	1
20	100	2
21	90	1
22	90	1
23	70	1
24	70	1
25	70	1
26	80	1
27	90	1
28	80	1
29	70	1
30	80	1
31	90	1
32	90	1
33	90	1
34	100	2
35	100	1
36	70	1
37	100	1
38	100	1
39	70	1
40	100	1
41	100	2
42	90	1
43	90	1
44	90	1
45	80	1
46	70	1

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
48	90	1
49	80	1
50	70	1
51	70	1
52	70	1
53	90	1
54	90	1
55	100	2
56	90	1
57	80	1
58	70	1
59	70	1
60	80	1
61	90	1
62	90	1
63	90	1
64	100	2
65	110	1
66	100	1
67	100	2
68	90	1
69	110	1
70	110	1
71	110	1
72	100	1
73	120	1
74	110	1

Apéndice H. Planillas de campo Finca San Vicente, vereda La Sabana, municipio de

Popayán – Subparcela 1

PLANILLA DE CAMPO

Municipio: Popayán
 Vereda: La Sabana
 Nombre del Productor: Franco Quiroz

Distancia de siembra: 0,3 m x 1,30 m
 Número de parcela: 1
 Área de parcela: 25 m²

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
1	110	2
2	100	2
3	110	1
4	120	1
5	130	1
6	120	1
7	110	2
8	90	2
9	80	1
10	100	1
11	120	1
12	110	1
13	100	1
14	110	1
15	110	1
16	100	1
17	110	1
18	120	1
19	110	1
20	100	1
21	100	1
22	120	1
23	110	1
24	100	1
25	100	1
26	100	1
27	120	1
28	100	1
29	90	1
30	100	1
31	130	1
32	110	1
33	120	1
34	110	1
35	110	1
36	130	1
37	120	1
38	80	1
39	110	2
40	110	1
41	110	1
42	110	1
43	90	1
44	120	2
45	100	1
46	100	1
47	100	1
48	100	1
49	100	1
50	100	1
51	100	1

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
53	100	1
54	100	1
55	100	1
56	120	1
57	90	1
58	110	1
59	110	1
60	110	1
61	110	2
62	80	1
63	120	1
64	130	1
65	110	1
66	110	1
67	120	1
68	110	1
69	130	1
70	100	1
71	90	1
72	100	1
73	120	1
74	100	1
75	100	1
76	100	1
77	110	1
78	120	1
79	100	1
80	100	1
81	110	1
82	120	1
83	110	1
84	100	1
85	110	1
86	110	1
87	100	1
88	110	1
89	120	1
90	100	1
91	80	1
92	90	2
93	110	2
94	120	1
95	130	1
96	120	1
97	110	1
98	100	2
99	110	1
100	110	1
101	110	2
102	110	1

Apéndice I. Planillas de campo Finca San Vicente, vereda La Sabana, municipio de

Popayán – Subparcela 2

PLANILLA DE CAMPO

Municipio: Popayán
 Vereda: La Sabana
 Nombre del Productor: Franco Quiroz

Distancia de siembra: 0,3 m x 1,30 m
 Número de parcela: 1
 Área de parcela: 25 m²

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
1	110	2
2	100	1
3	110	1
4	120	1
5	130	1
6	120	1
7	110	2
8	90	2
9	80	1
10	100	1
11	120	1
12	110	1
13	100	1
14	110	1
15	110	1
16	100	1
17	110	1
18	120	1
19	110	1
20	100	1
21	100	1
22	120	1
23	110	1
24	100	1
25	100	1
26	100	1
27	120	1
28	100	1
29	90	1
30	100	1
31	130	2
32	110	1
33	120	1
34	110	1
35	110	1
36	130	1
37	120	1
38	80	1
39	110	1
40	110	1

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
41	100	1
42	100	1
43	100	1
44	120	1
45	90	1
46	110	1
47	110	1
48	110	1
49	110	2
50	80	1
51	120	1
52	130	1
53	110	1
54	110	1
55	120	1
56	110	1
57	130	1
58	100	1
59	90	1
60	100	1
61	120	2
62	100	1
63	100	1
64	100	1
65	110	1
66	120	1
67	100	1
68	100	1
69	110	1
70	120	1
71	110	1
72	100	1
73	110	1
74	110	1
75	100	1
76	110	1
77	120	2
78	100	1
79	80	1
80	90	2

Apéndice J. Planillas de campo Finca San Vicente, vereda La Sabana, municipio de

Popayán – Subparcela 3

PLANILLA DE CAMPO

Municipio: Popayán
 Vereda: La Sabana
 Nombre del Productor: Franco Quiroz

Distancia de siembra: 0,3 m x 1,30 m
 Número de parcela: 1
 Área de parcela: 25 m²

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
1	110	2
2	100	2
3	110	1
4	120	1
5	130	1
6	120	1
7	110	2
8	90	2
9	80	1
10	100	1
11	120	1
12	110	1
13	100	1
14	110	1
15	110	1
16	100	1
17	110	1
18	120	1
19	110	1
20	100	1
21	100	1
22	120	1
23	110	1
24	100	1
25	100	1
26	100	1
27	120	1
28	100	1
29	90	1
30	100	1
31	130	1
32	110	1
33	120	1
34	110	1
35	110	1
36	130	1
37	120	1
38	80	1
39	110	2
40	110	1

No. Planta	Altura mazorca (cm)	Cant. mazorcas por planta
41	100	1
42	100	1
43	100	1
44	120	1
45	90	1
46	110	1
47	110	1
48	110	1
49	110	2
50	80	1
51	120	1
52	130	1
53	110	1
54	110	1
55	120	1
56	110	1
57	130	2
58	100	1
59	90	1
60	100	1
61	120	2
62	100	1
63	100	1
64	100	1
65	110	1
66	120	1
67	100	1
68	100	1
69	110	1
70	120	2
71	110	1
72	100	1
73	110	1
74	110	1
75	100	1
76	110	1