

Evaluación del rendimiento de la producción de soya (*Glycine max* [L.] Merrill) bajo seis dosis de fertilizante en suelos del Norte del Valle del Cauca.

Sandra M. Castaño Ramírez

Asesor

Manuel Francisco Polanco Puerta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2024

Dedicatoria

En las páginas de esta tesis, no solo encuentro datos y conclusiones, sino también la historia de una mujer que no se rindió, que enfrentó vientos adversos con determinación y cultivó sus sueños con amor. A mí misma, a esa mujer valiente y perseverante, le dedico este logro con un profundo reconocimiento por la fortaleza que ha demostrado en cada paso.

A Sandra Milena Castaño, protagonista indiscutible de esta travesía, gracias por no dejar que las dificultades silenciaron tu voz, por sembrar la esperanza en terrenos desafiantes y por convertir cada desafío en una lección de crecimiento. Que esta tesis sea un recordatorio de tu fuerza, una celebración de la mujer que eres y de las metas que te has propuesto alcanzar.

Agradezco al señor Andrés Molina por ser más que un apoyo externo; gracias por confiar en mí, por creer en mi capacidad y por ser una inspiración constante. Su creencia en mi potencial ha sido un regalo invaluable que ha impulsado este viaje.

Que este trabajo no solo sea un logro académico, sino también una carta de amor a la perseverancia y a la esencia humana de ser mujer. A todas las mujeres que han caminado senderos similares, que esta tesis resuene como un eco de nuestra capacidad para florecer en cualquier circunstancia.

A la agronomía, a la mujer fuerte que yace en cada página de este trabajo y al señor Andrés Molina, gracias por ser parte de esta historia compartida. Que cada descubrimiento sea un tributo a la humanidad, la resistencia y el poder transformador de una mujer decidida.

Agradecimientos

Esta tesis es un reflejo de un viaje lleno de desafíos, donde cada obstáculo se convirtió en una oportunidad para crecer. A mis hijos, Juan Sebastián Castaño Castaño y José Miguel Castaño Castaño, les dedico este logro con el corazón rebosante de gratitud por su paciencia y amor incondicional, que han sido mi ancla en las tormentas académicas.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, le agradezco por ser el escenario donde no solo cultivé conocimientos en agronomía, sino donde forjé amistades, descubrí fortalezas internas y aprendí a abrazar la diversidad de la vida.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Francisco Polanco, cuya guía no solo se tradujo en orientación académica, sino que también fue un faro en momentos de incertidumbre, un cómplice en el proceso de aprendizaje y un amigo en la travesía de esta tesis.

Al señor Andrés Molina, una buena persona cuya presencia marcó este camino, mi gratitud por su apoyo constante y su capacidad para iluminar días grises con su positividad; a mis amigos, compañeros y profesores, quienes compartieron risas, desafíos y aprendizajes, les agradezco por construir junto a mí el puente que nos llevó al éxito.

Esta tesis es más que un documento académico; es una crónica de la humanidad en la academia.

Cada capítulo narra historias de lucha, comprensión y solidaridad.

Que este trabajo sirva como recordatorio de que detrás de cada investigación hay una historia humana y a cada persona que contribuyó a este relato, gracias por hacerlo único y valioso, que este esfuerzo conjunto inspire a otros a enfrentar sus desafíos con valentía, a abrazar la diversidad del aprendizaje y a cultivar el conocimiento con el corazón; a la agronomía y a la vida misma, con gratitud, esperanza y la certeza de que cada paso en este viaje ha valido la pena.

Resumen

Se evaluó el efecto de diferentes dosis de fertilizantes en el rendimiento del cultivo de soya (*Glycine max* [L.] Merrill) en el municipio de Cartago, Valle del Cauca, Colombia. Los objetivos específicos incluyen determinar la dosis óptima de fertilizante para maximizar el rendimiento de la soya y evaluar la relación costo-beneficio de la fertilización y su impacto en la rentabilidad de la producción. Se realizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos de fertilización variaron desde la no fertilización hasta la aplicación de diferentes combinaciones de N, P₂O₅, K₂O₅, Mg y S al suelo, así como la aplicación de fertilizante foliar. La variedad de soya utilizada fue SK7. Las variables evaluadas incluyeron: altura de la planta, altura de la carga, número de vainas por planta, número de semillas por planta, rendimiento e índice de semillas. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba T-Student y análisis de la varianza. Los resultados indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas para las variables altura de planta, índice de semilla y rendimiento. Sin embargo, para la variable altura de carga, el tratamiento 3 (fertilización al suelo+fertilizante foliar) resultó con la mayor altura de carga con 31,1 cm y el tratamiento 5 (fertilizante foliar) superó notablemente a los otros tratamientos en las variables número de vainas por planta (65,7) y número de semillas por planta (149,3). Se concluye que, aquellos tratamientos con aplicación de fertilizante foliar presentaron los mejores resultados en las variables número de vainas/planta y semillas por planta. En cuanto a la relación costo-beneficio con el T₅ obtuvo un beneficio de 21.850,00 COP/ha.

Palabras clave: soya, *Glycine max* L., fertilizantes, rendimiento, Norte del Valle del Cauca, nutrición, relación costo-beneficio.

Abstract

The effect of different doses of fertilizers on the yield of soybean crops (*Glycine max* [L.] Merrill) in the municipality of Cartago, Valle del Cauca, Colombia was evaluated. Specific objectives include determining the optimal fertilizer dose to maximize soybean yield and evaluating the cost-benefit ratio of fertilization and its impact on production profitability. A Randomized Complete Blocks (RCB) experimental design was carried out, with six treatments and four repetitions. Fertilization treatments varied from no fertilization to the application of different combinations of N, P₂O₅, K₂O₅, Mg and S to the soil, as well as the application of foliar fertilizer. The soybean variety used was SK7. The variables evaluated included: plant height, load height, number of pods per plant, number of seeds per plant, yield and seed index. For statistical analysis, the Student's T test and analysis of variance were used. The results indicate that there were no statistically significant differences for the variables plant height, seed index and yield. However, for the loading height variable, treatment 3 (soil fertilization + foliar fertilizer) resulted in the highest loading height with 31.1 cm and treatment 5 (foliar fertilizer) notably surpassed the other treatments in the variables. number of pods per plant (65.7) and number of seeds per plant (149.3). It is concluded that those treatments with foliar fertilizer application presented the best results in the variables number of pods/plant and seeds per plant. Regarding the cost-benefit relationship with T5, a benefit of 21,850.00 COP/ha was obtained.

Keywords: soybean, *Glycine max* L., fertilizers, yield, North of Valle del Cauca, nutrition, soybean production costs.

Tabla de Contenido

Introducción.....	11
Planteamiento del problema.....	13
Justificación.....	14
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Marco Teórico.....	17
Importancia del cultivo de soya en Colombia.....	20
Taxonomía de la Especie	24
Morfología de la planta de soya.....	24
Raíz	25
Tallo	25
Hojas y Ramas	25
Yemas axilares	26
Flores.....	26
Fruto o Vaina	27
Requisitos Nutricionales de la Soya y Fertilización	27
Importancia de la Altura de la Carga en la Cosecha de Soya	36
Características Edafo-climáticas del Municipio de Obando	36
Materiales y Métodos.....	38
Localización.....	38
Características del Suelo.....	39

Diseño experimental	39
Tratamientos	40
Fuente de los fertilizantes	40
VARIABLES EVALUADAS	42
Altura de la Planta.....	42
Altura de la Carga.....	42
Número de vainas por planta	42
Número de Semillas por Plantas.....	42
Rendimiento.....	42
Índice Semilla	43
Análisis Estadístico.....	43
Resultados y Discusión.....	43
Evaluación de la Relación Costo-beneficio de la Fertilización y su Impacto en la.....	47
Rentabilidad de la Producción de Soya (Glycine max L.).....	47
Conclusiones.....	52
Referencias Bibliográficas.....	53
Apéndices	59

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Taxonomía de la planta de soya (Glycine max L.)</i>	24
Tabla 2 <i>Requerimientos, absorción, extracción e índice de cosecha para los principales nutrientes en el cultivo de soya</i>	29
Tabla 3 <i>Fertilidad física del suelo finca El Samán, Cartago, Valle del Cauca</i>	39
Tabla 4 <i>Caracterización física del suelo finca El Samán, Cartago, Valle del Cauca</i>	39
Tabla 5 <i>Relaciones de bases en el suelo finca El Samán, Cartago, Valle del Cauca</i>	39
Tabla 6 <i>Esquema del diseño experimental</i>	39
Tabla 7 <i>Descripción de los tratamientos</i>	40
Tabla 8 <i>Composición garantizada del fertilizante Microkel® Mix</i>	41
Tabla 9 <i>Formulación de los fertilizantes por tratamiento y por hectárea</i>	41
Tabla 10 <i>Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas del cultivo de la soya frente a la aplicación de fertilizantes en la hacienda El Samán, variedad SK7, nivel de significancia 5%</i>	43
Tabla 11 <i>Resultados estadísticos de la prueba de Tukey para las variables estudiadas por tratamiento</i>	44
Tabla 12 <i>Costos por parcela y por hectárea de la aplicación de fertilizantes en los diferentes tratamientos expresado en pesos</i>	48
Tabla 13 <i>Comparativo entre los tratamientos de la rentabilidad del uso de fertilizantes</i>	49

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Área cosechada de soya en hectáreas, desde el año 2000 hasta el año 2022.</i>	19
Figura 2 <i>Área cosechada de soya en hectáreas en Colombia desde el año 2000-2022</i>	20
Figura 3 <i>Área, producción y rendimiento de soya en Colombia, años 2012-2023</i>	21
Figura 4 <i>Promedio de área sembrada de soya y % de participación por Departamentos entre los semestres 2018 B - 2023 A en hectáreas.</i>	23
Figura 5 <i>Producción de toneladas de soya por departamento en Colombia (2012-2022).....</i>	24
Figura 6 <i>Absorción de nutrientes durante el ciclo de cultivo de soya para un rendimiento de 5000 kg/ha.....</i>	31
Figura 7 <i>Precipitación total anual estación Palmasola, Valle del Cauca. Año 1990-2022.....</i>	39
Figura 8 <i>Promedios y grupos estadísticos de la variable altura de carga (cm).....</i>	45
Figura 9 <i>Promedios y grupos estadísticos de la variable número de vainas por planta.....</i>	46
Figura 10 <i>Promedios y grupos estadísticos de la variable número de semillas por planta.</i>	47

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Ficha técnica del fertilizante Fosfato Diamónico (DAP)</i>	59
Apéndice B <i>Ficha técnica del fertilizante Patentkali</i>	60
Apéndice C <i>Ficha técnica del fertilizante Microkel® Mix</i>	61
Apéndice D <i>Histórico de precios de referencia del kilo de soya en Colombia, expresado en COP</i>	61
Apéndice E <i>Reporte de análisis de suelo No. 7126, finca El Samán, municipio Cartago, Valle del Cauca, Colombia</i>	63

Introducción

La soya (*Glycine max* [L.] Merrill) es un cultivo de gran importancia a nivel mundial debido a su alto contenido de proteínas y aceites. Se erige como un cultivo fundamental para la seguridad alimentaria y la industria agroalimentaria en Colombia, siendo esencial para la producción de harinas y aceites de consumo humano, así como para la elaboración de alimentos concentrados destinados a diversas especies animales.

Sin embargo, el rendimiento de este cultivo puede verse afectado por diversos factores, entre los que se incluyen las prácticas de fertilización. A pesar de la importancia de la fertilización en la producción de soya, aún existen incertidumbres sobre cuál es la dosis óptima de fertilizante que maximiza el rendimiento sin comprometer la sostenibilidad ambiental y económica.

En este contexto, la fertilización emerge como un componente crucial para optimizar el rendimiento de la soya. El conocimiento preciso sobre el tipo y la dosis de fertilizantes se convierte en una herramienta indispensable, especialmente en suelos del norte del Valle del Cauca, donde los altos costos de los fertilizantes y la degradación del suelo presentan desafíos significativos para la sostenibilidad agrícola.

La presente investigación se propone evaluar el impacto de diferentes dosis de fertilizantes en el cultivo de soya en esta región específica. El objetivo general es analizar cómo estas dosis afectan el rendimiento de la soya y sus variables constituyentes. La investigación se centrará en la identificación de la dosis óptima que genere un impacto positivo en el rendimiento, teniendo en cuenta indicadores clave como el número de vainas por planta, el peso de las semillas, y otros componentes de productividad.

A través de un diseño experimental de bloques completos al azar, se buscará no solo determinar la dosis más efectiva, sino también evaluar los costos asociados a la fertilización y su relación con el aumento o no en la producción. Este enfoque integral permitirá no solo optimizar el rendimiento del cultivo de soya sino también tomar decisiones informadas desde una perspectiva económica.

La cuantificación detallada de la respuesta de la planta a la fertilización, considerando aspectos fenotípicos y productivos, aportará conocimientos esenciales para el diseño de prácticas agronómicas más eficientes y sostenibles. Al final, este estudio aspira a contribuir al desarrollo sostenible de la producción de soya en el Norte del Valle del Cauca, brindando información valiosa para agricultores, formuladores de políticas y profesionales del sector agrícola.

Planteamiento del Problema

A pesar de la importancia de la fertilización en la producción de soya, aún existen incertidumbres sobre cuál es la dosis óptima de fertilizante que maximiza el rendimiento sin comprometer la sostenibilidad ambiental y económica.

Se encuentran reportados en Colombia diversos trabajos de investigación en cuanto a la respuesta del cultivo de la soya a la fertilización de acuerdo con el nivel de fertilidad de los suelos, siendo mayor la respuesta agronómica cuando la condición de fertilidad del suelo es menor, en las conclusiones de los mismos trabajos se recomiendan realizar investigaciones que aporten al conocimiento de que tipo de fertilizante y a qué dosis debería aplicarse al cultivo para incrementar su rendimiento.

En el Norte del Valle del Cauca, donde se llevó a cabo este estudio, los suelos presentan características particulares que pueden influir en la respuesta del cultivo de soya a la fertilización. Por lo tanto, es crucial realizar investigaciones en esta región para determinar las dosis de fertilizante más adecuadas.

También resulta necesario establecer qué tipo de respuesta agronómica de interés técnico económico se obtiene de esa interacción, al cuantificar las magnitudes obtenidas de los componentes fenológicos de expresión del material de siembra (altura de la planta en su maduración, altura de inserción de la primera vaina, número de vainas por planta, número de semillas por vaina, número de semillas por planta, peso de semillas por planta, peso de 100 semillas) ya que con esa información verificada se pueden realizar ajustes de manejo agronómico que reflejen un impacto en los rendimientos, y por ende en los costos de producción y niveles de rentabilidad del ejercicio productivo.

Justificación

La producción de soya es crucial para la seguridad alimentaria global, los retos como temperaturas extremas, plagas y enfermedades, amenazan el crecimiento en el futuro (Hartman et al., 2011).

Las pérdidas significativas en el rendimiento de la soya pueden tener implicaciones para la seguridad alimentaria debido a la dependencia del cultivo de soya directa o indirectamente para los productos alimenticios (Hartman et al., 2011).

La soya tiene una enorme importancia económica debido a su alto valor alimenticio y a su papel en la industria del aceite vegetal, así como en la producción de biodiésel (Pinto et al., 2013).

Factores como cambio climático, factores abióticos y bióticos que generan estrés en los cultivos, prácticas agronómicas de manejo eficientes, financiamiento, crecimiento de la población, entre múltiples factores más, generan desafíos que nos obligan a buscar alternativas para aumentar la productividad del cultivo en Colombia.

Las prácticas de manejo para aumentar el rendimiento van desde la selección de la variedad que más se adapte a cada región, el manejo adecuado del suelo, el uso racional de cal, fertilizantes y controles de plagas y enfermedades.

Entendiendo la importancia global del cultivo y la necesidad de aumentar los rendimientos a través de prácticas agronómicas adaptadas a cada región y entendiendo las amenazas es necesario que en Colombia desarrollemos prácticas agronómicas que nos lleven a elevar los rendimientos para mejorar la productividad.

Una de las prácticas agronómicas que puede aumentar la productividad es la fertilización y es por esto que este trabajo se enfoca en esta área. Sin embargo, los altos costos de fertilizantes

y la degradación del suelo, agravada por prácticas agrícolas inadecuadas, plantean desafíos significativos.

La necesidad de conocimientos precisos sobre el tipo y la dosis de fertilizantes se vuelve imperativa para diseñar un plan de manejo agronómico eficiente, que no solo maximice el rendimiento del cultivo de soya sino también minimice los costos de producción. Este conocimiento se vuelve aún más crucial debido al riesgo de salinización del suelo asociado con la aplicación inadecuada de fertilizantes, afectando negativamente la sostenibilidad a largo plazo de la producción.

Este trabajo de investigación se enfoca en la evaluación de seis diferentes tratamientos de fertilización mediante un diseño experimental de bloques completos al azar. Se pretende proporcionar respuestas a preguntas cruciales que afectan directamente la rentabilidad y sostenibilidad del cultivo de soya en el Norte del Valle del Cauca. Además de la evaluación del rendimiento en términos de kilogramos de soya por hectárea (kg/ha), se analizarán los descriptores del desarrollo de la planta y se hará una evaluación y comparación con relación a costos-beneficios del uso de fertilizantes.

La aplicación de análisis estadísticos, como el análisis de varianza y pruebas de Tukey, permitirá no solo identificar las dosis de fertilizante más eficaces, sino también determinar ajustes de manejo agronómico que optimicen los rendimientos y reduzcan los costos de producción. En última instancia, este estudio aspira a brindar información crítica que sirva como guía para agricultores, formuladores de políticas y profesionales del sector agrícola, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la producción de soya en la región del Norte del Valle del Cauca.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el impacto frente al rendimiento y en las variables que lo componen, de diferentes dosis de fertilizantes, en el cultivo de la soya (*Glycine max* L.) en un suelo del Norte del Valle del Cauca, Colombia.

Objetivos Específicos

Determinar la dosis óptima de fertilizante para maximizar el rendimiento de la soya (*Glycine max* L.) en suelos del Norte del Valle del Cauca, expresado en toneladas por hectárea (t/ha).

Evaluar la relación costo-beneficio de la fertilización y su impacto en la rentabilidad de la producción de soya (*Glycine max* L.).

Marco Teórico

La soya es el cultivo leguminoso de grano más importante a nivel mundial en términos de producción total e intercambio internacional (Rosas y Young, 1991).

Originaria de Asia, la soya (*Glycine max* L.) es la oleaginosa de mayor importancia en el mundo, tanto por los volúmenes comercializados como semilla, como por los importantes subproductos que se obtienen (Sistema Nacional Sistema Producto - Oleaginosas, 2010).

La soya (*Glycine max* L.) tuvo su origen en el oriente asiático (China) y su domesticación se inició durante la Dinastía Chou (del siglo XI al VII A.C.). Sin embargo, es probable que la verdadera domesticación se diera durante la Dinastía Shang (1700-1100 A.C), de donde se expandió a otros países de Asia, a algunos países de Europa y posteriormente al continente americano (Ramírez, 2006).

La soya es mencionada por primera vez en la literatura de EE. UU. en 1804. Sin embargo, la expansión de la producción de soya en este país no se llevó a cabo hasta la tercera década del siglo XX (Rosas y Young, 1991).

La fecha más temprana del conocimiento de la introducción de la soya en Brasil es 1882 (Rosas y Young, 1991).

Ramírez (2006) indica que en 1929 la soya fue introducida a Colombia a nivel experimental y su producción comercial se inició en el siglo XX, década de los 50, con variedades introducidas de Estados Unidos como Missoy, Mammoth Yellow, Biloxi, Aksarben, Acadian, Hale 3, Hill y Davis y se cultivó por muchos años exclusivamente en el Valle del Cauca. En la década de los 80 se expandió su cultivo a zonas del Huila, Tolima, Costa Atlántica y Llanos Orientales.

La soya ha despertado gran interés a nivel mundial por sus múltiples usos, derivados de su alto contenido de proteína y calidad de aceite. En promedio, el grano seco contiene 40 % de proteína y 20 % de aceite (INTAGRI, 2016).

El contenido de aceite en las semillas de la planta de soya varía de 14-24% y el de proteínas entre 30 y 50% (Rosas y Young, 1991).

El maíz y la soya son materias primas fundamentales para el consumo humano y para la cadena de producción de proteína animal y alimento para mascotas, dado que constituyen uno de los principales ingredientes de la alimentación de los animales (avicultura, porcicultura, ganadería, piscicultura) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

La proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales para alimento animal y humano, lo que la hace atractiva como materia prima para numerosas industrias y los más diversos usos (Rosas y Young, 1991).

El principal uso del frijol de soya es la producción de aceite de soya para consumo humano y torta de soya utilizada en la fabricación de alimentos balanceados (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

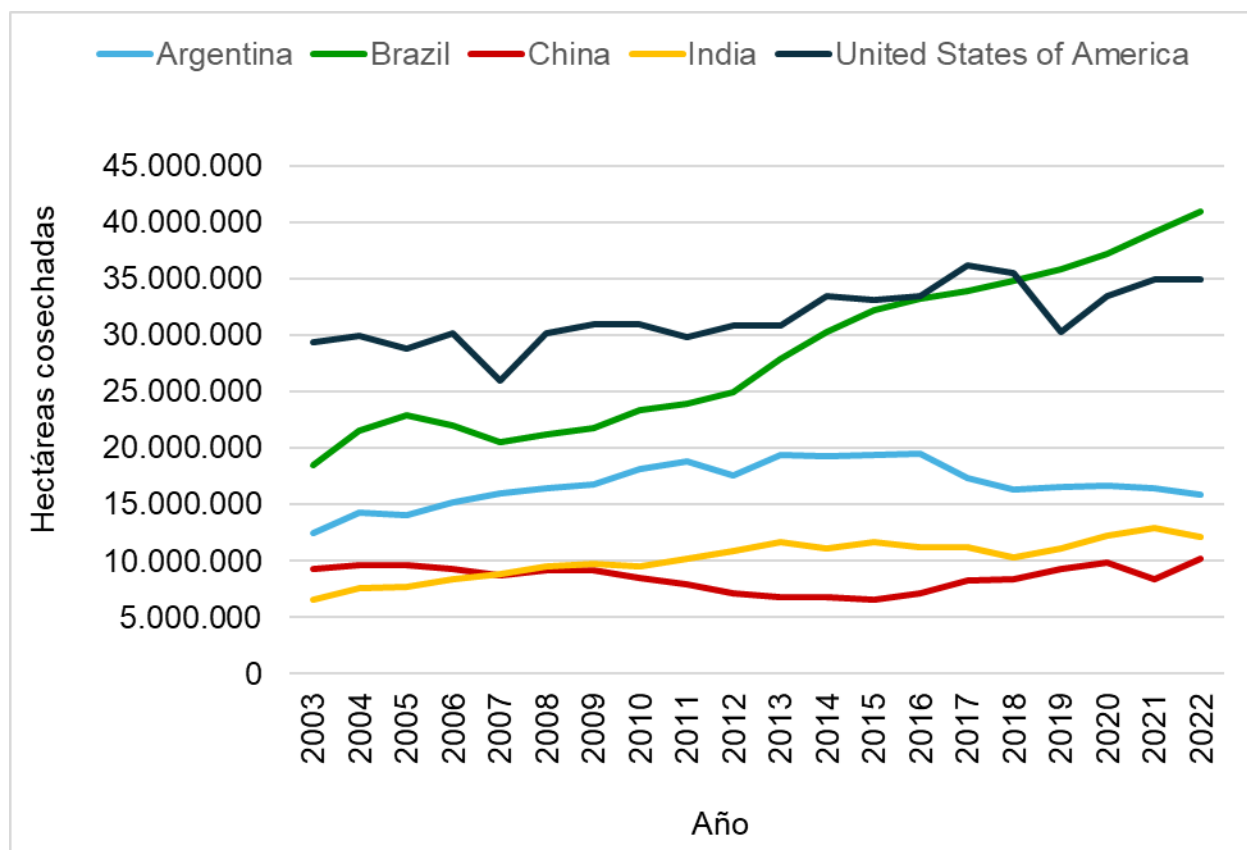
La producción de soya mundial se encuentra concentrada en un grupo de pocos países, que, por sus capacidades tanto de superficie, como productivas y tecnológicas, se han transformado en proveedores de soya para el resto del mundo (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios, 2018).

Según datos estadísticos de la FAO los principales países con área cosechada de grano de soya son: Brasil, Estados Unidos, Argentina, India y China, entre estos cinco países sumaron un total de área cosechada de 114.098.134 hectáreas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023).

En la figura 1 se puede observar la evolución del área cosechada de soja de los cinco principales países productores desde el año 2000 hasta el año 2022 según datos de la FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023).

Figura 1

Área cosechada de soja en hectáreas, desde el año 2000 hasta el año 2022.

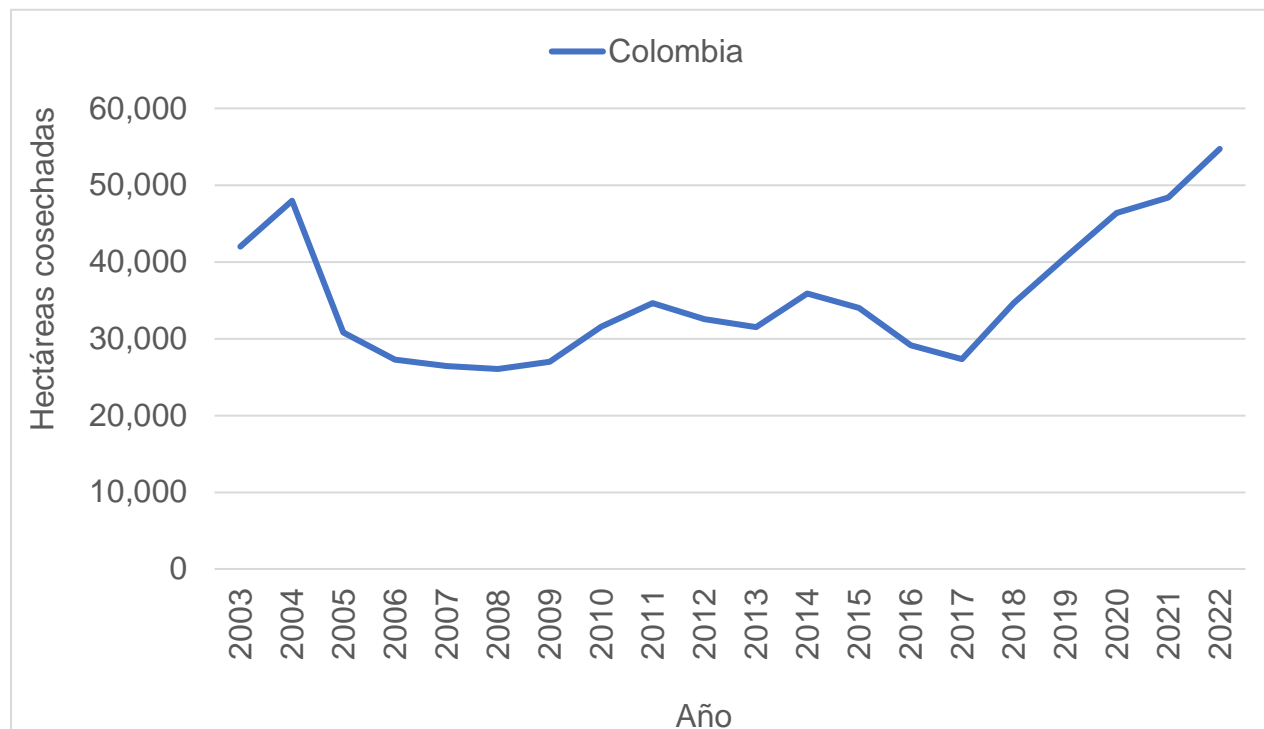


Nota. Se muestra las hectáreas cosechadas de los cinco países mayores productores de grano de soja en el mundo. Datos tomados de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023).

Según datos estadísticos de la FAO en Colombia el área cosechada ha ido incrementando como se muestra en la Figura 2 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2023).

Figura 2

Área cosechada de soya en hectáreas en Colombia desde el año 2000-2022



Nota. Datos tomados de FAO (2023).

Importancia del Cultivo de Soya en Colombia

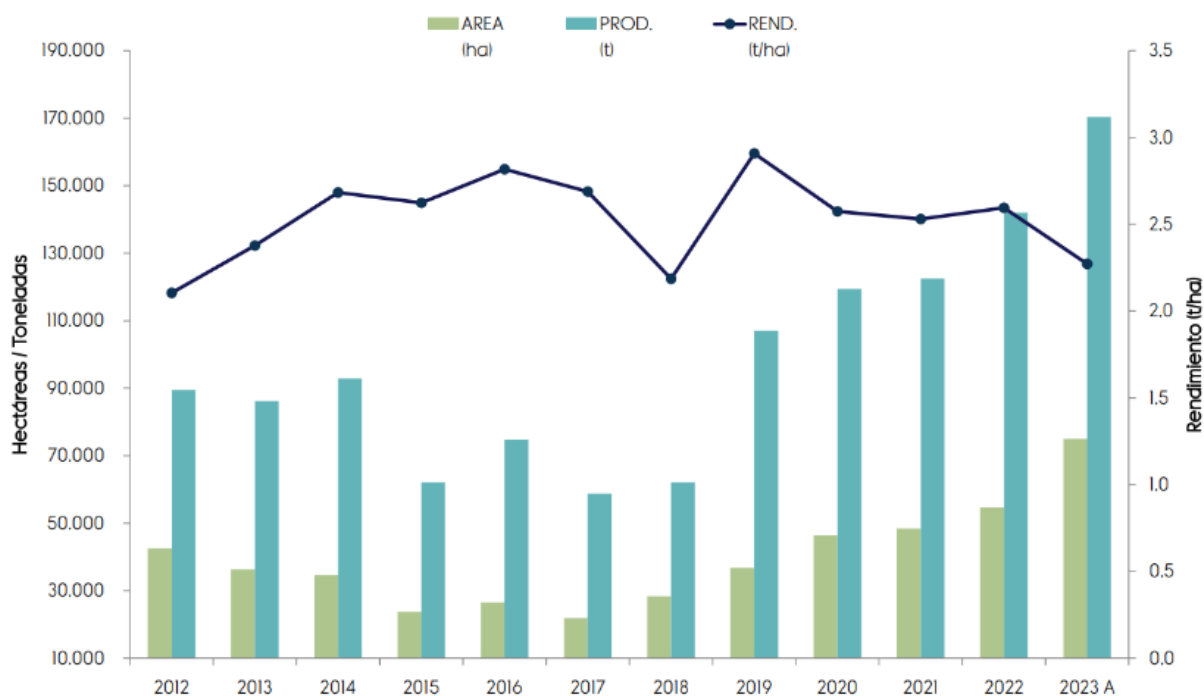
En Colombia, en el año 2021, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, presentó el documento llamado: “Soya-Maíz: Proyecto país”, para proponer inversiones y políticas públicas sobre dos cultivos de alta importancia en la seguridad alimentaria del país, como indica el documento: “el maíz y la soya son materias primas fundamentales para el consumo humano en forma directa y para la cadena de producción de proteína animal y alimentos para mascotas”. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

El principal uso del frijol soya es la producción de aceite de soya para consumo humano y torta de soya utilizada en la fabricación de alimentos balanceados. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

Los datos del cultivo de soya en Colombia según FENALCE (2023) reflejan un incremento en producción en toneladas, sin embargo, una disminución en el rendimiento como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Área, producción y rendimiento de soya en Colombia, años 2012-2023



Nota. Datos tomados de FENALCE (2023)

Según los datos de FENALCE (2023), los departamentos donde se siembra soya en Colombia son tres: Meta, Valle del Cauca y Casanare que se incorporó con setecientas hectáreas en el año 2023.

Las tres regionales principales de FENALCE (2023) que están relacionadas con la siembra de soya son las siguientes:

Atillanura en el departamento del Meta, donde se encuentra la mayor superficie de hectáreas sembradas con un promedio de 23.891 hectáreas en los últimos 10 semestres, desde el semestre 2018-B hasta el semestre 2023-A.

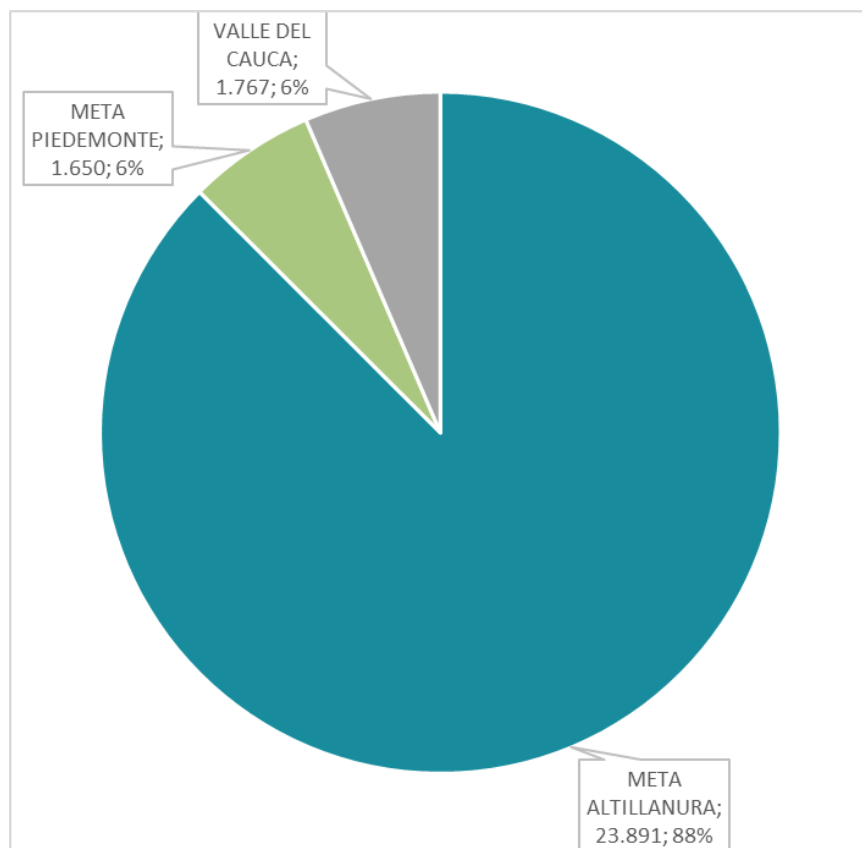
Piedemonte del Meta, se sembraron en promedio entre los semestres 2018-B y el 2023-A 1.650 hectáreas.

Valle del Cauca, el promedio de hectáreas sembradas fue de 1.767 entre los mismos semestres.

En la figura 4 se muestra la cantidad de hectáreas sembradas y el porcentaje de participación de cada regional de FENALCE en cuanto al cultivo de soya en el país.

Figura 4

Promedio de área sembrada de soya y % de participación por Departamentos entre los semestres 2018 B - 2023 A en hectáreas.

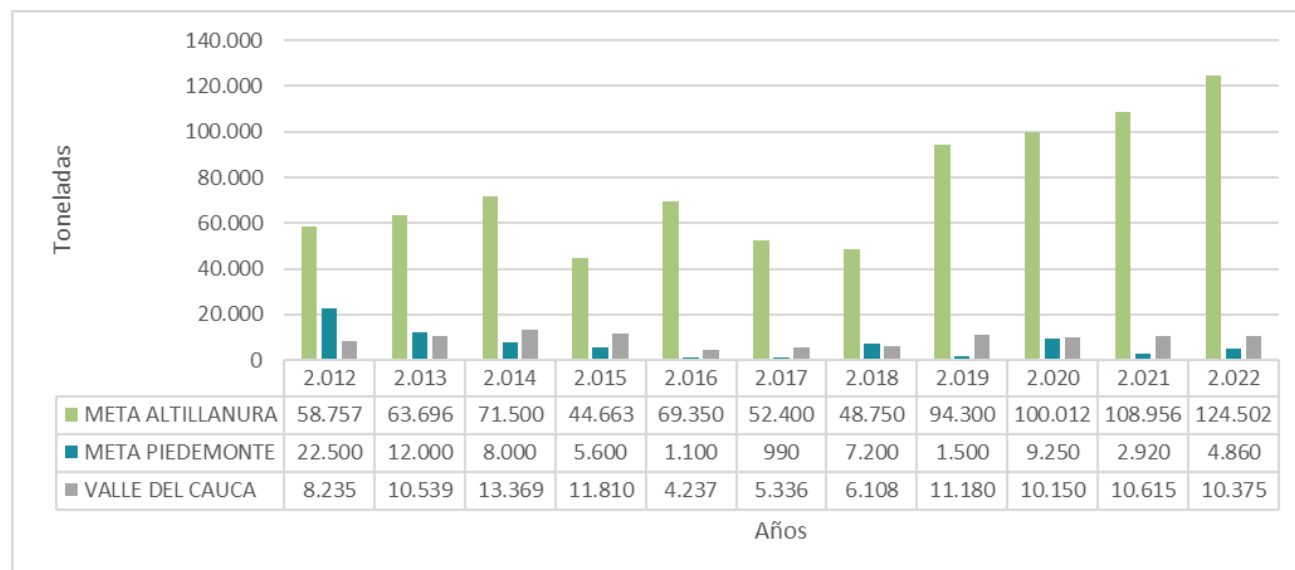


Nota. Datos tomados de FENALCE (2023)

Con respecto a la producción en toneladas por seccional de FENALCE (2023), reporta datos de los tres regionales donde se siembra soya que se observan en la figura 5.

Figura 5

Producción de toneladas de soya por departamento en Colombia (2012-2022)



Taxonomía de la Especie

Morfología de la Planta de Soya

La soya (*Glycine max* L) es una planta anual, herbácea, normalmente pubescente, de altura variable (25-180 cm), poco o muy ramificada (generalmente de 1 a 4) dependiendo de la variedad y condiciones ambientales (Ramírez, 2006).

La soya (*Glycine max* L), es una planta anual herbácea, arbustiva y bastante abundante en hojas; de estación cálida, más o menos erecta, con ramas que proceden del tallo principal, las que dependen de las condiciones ambientales, siendo de gran importancia la densidad poblacional, pues también incide en la altura y dureza del tallo; tiene hojas, tallos y vainas pubescentes. Su ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses y de 40 a 100 cm de envergadura. Las hojas, los tallos y las vainas son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio a pardo más o menos (Valladares, 2010).

Raíz

El sistema radical de la soya es predominantemente axial, fasciculado, constituido básicamente de una raíz principal de donde emergen raíces secundarias y en las cuales se forman varias raíces laterales (Rosas y Young, 1991).

La raíz principal puede alcanzar una profundidad de 200 cm y las raíces laterales una longitud de 250 cm. La mayoría de las raíces se ubican en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. En las raíces pueden formarse nódulos de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium japonicum*), en asociación simbiótica con la planta (Ramírez, 2006).

Tallo

El tallo en su etapa inicial de crecimiento comprende el hipocótilo y el epicótilo, posteriormente se desarrolla el nudo de la primera hoja trifoliada. El número de brotes axilares sobre el tallo principal depende de la variedad y densidad de plantas (Ramírez, 2006).

La altura de planta depende del número de nudos que se formen y éste a su vez depende del fotoperiodo. En los trópicos, el número de nudos generalmente es menor, por lo que las plantas son de menor estatura en estas regiones. También, la altura es dependiente del hábito de crecimiento, pues en las variedades determinadas se limita la formación de nudos, al aparecer la yema floral en el ápice de la planta; mientras que, en las variedades indeterminadas, el tallo continúa creciendo aun habiéndose iniciado la floración al extremo que pueden llegar a duplicar su longitud y las flores van apareciendo a medida que se forman nuevos nudos en el tallo (Valladares, 2010).

Hojas y Ramas

En la soya se presentan diferentes tipos de hojas: el primer par de hojas de cotiledones simples, el segundo par de hojas primarias simples opuestas y las trifoliadas alternas, raramente

con 5 trifolios. Las hojas simples son ovaladas y las trifoliadas son ovaladas o lanceoladas (Ramírez, 2006).

Las dos primeras hojas de la planta de soya son opuestas y simples. Las que se forman posteriormente son trifoliadas y alternas (Camacho, 1979).

Yemas Axilares

En la unión del tallo principal con las hojas se forman las yemas axilares. Éstas pueden dar origen a ramas o a racimos de flores (Ramírez, 2006).

Las hojas de las axilas poseen yemas axilares; casi todas las yemas axilares de la parte superior del tallo dan origen a estructuras florales. Las yemas axilares inferiores, pueden producir ramas, flores tardías, o no desarrollarse. Las yemas axilares poseen sus propias yemas secundarias en varios estados de desarrollo (Valladares, 2010).

Flores

Por lo general, la floración se inicia en el cuarto nudo y está controlada por el fotoperíodo, la temperatura y el genotipo (Ramírez, 2006).

Las flores son de color blanco, púrpura o también flores bicoloradas, blanco con cuello púrpura (Bastidas, 1983).

El pétalo más grande denominado “estandarte” se encuentra en la parte posterior. Dos pétalos laterales denominados “alas” y dos delanteros que forman la estructura denominada “quilla”. La flor tiene un ovario, diez estambres (nueve soldados y uno libre) y un pistilo (Bastidas, 1983).

Por ser una flor completa y dada su estructura, la soya se autofecunda, aunque puede existir un 0.5% de polinización cruzada (Ramírez, 2006).

Fruto o Vaina

Las vainas generalmente tienen 2-3 semillas, pero pueden contener hasta 5, y en su forma varían desde la casi esférica, hasta discos casi aplanados y en el color desde el verde pálido y amarillo hasta el marrón oscuro; son pubescentes y se encuentran distribuidas a lo largo del tallo (Valladares, 2010).

Semilla

La semilla de soya consta de dos partes, cutícula y embrión. La cutícula es la cubierta protectora del embrión. El embrión está completamente desarrollado y consiste en la radícula, el hipocótilo y el epicótilo (Bastidas, 1983).

La semilla de soya varía de forma, color y tamaño, desde la esférica hasta la achatada y alargada. La cutícula presenta color amarillo, verde, negro y varios tonos de marrón o castaño (Bastidas, 1983).

Requisitos Nutricionales de la Soya y Fertilización

La soya es un cultivo relativamente exigente en N, P y K para un rendimiento de 3.000 kg/ha, el cultivo extrae aproximadamente 205 kg N/ha, 55 kg P₂O₅/ha y 135 kg K₂O/ha (Ortíz, 1990).

El cultivo de soya requiere una cantidad importante de nutrientes para lograr un adecuado crecimiento y rendimiento. Si bien es capaz de mantener rendimientos relativamente elevados en condiciones de baja fertilidad, en general presenta requerimientos de nutrientes por tonelada de grano cosechado superiores a los otros cultivos extensivos como maíz o trigo (IPNI, 2014).

La fertilización química mineral en soya (*Glycine max* L.) es una práctica regular y está en función de la disponibilidad de humedad en el suelo. El incremento en el costo de los insumos

agrícolas y la pérdida de la fertilidad del suelo, impulsan la búsqueda de estrategias sustentables (Díaz-Franco et al., 2021).

Díaz-Franco et al (2021) hicieron un experimento con el uso de alternativas de fertilización biológica usando micorrizas, midieron índice SPAD, rendimiento, porcentaje de aceite y proteína del grano a la cosecha. Se compararon diferentes tratamientos, incluyendo micorrizas arbusculares, gallinaza y yeso. No encontraron diferencias significativas entre los tratamientos alternativos con fertilización biológica y el testigo 100% fertilización química. Sin embargo, la combinación de *Bradyrhizobium japonicum* y *Rhizophagus intraradices* demostró la mejor rentabilidad y ganancia por hectárea.

El cultivo de soja presenta un elevado contenido de N en los granos y, acumula N en la planta en forma sostenida, desde la emergencia hasta el inicio del llenado de granos, observándose previamente a este último estadio, la máxima absorción de nutrientes, como se observa en la tabla 2 (IPNI, 2014).

Tabla 2

Requerimientos, absorción, extracción e índice de cosecha para los principales nutrientes en el cultivo de soya.

Nutriente	Rendimiento kg t ⁻¹	IC %	Absorción kg ha ⁻¹	Extracción kg ha ⁻¹
N	75	0,73	324	237
P	7	0,88	30	27
K	39	0,49	169	83
Ca	16	0,19	69	13
Mg	9	0,39	39	15
S	4,5	0,72	19	14
B	0,025	0,31	0,11	0,03
Cl	0,237	0,47	1,03	0,48
Cu	0,025	0,53	0,11	0,057
Fe	0,300	0,25	1,30	0,32
Mn	0,150	0,33	0,65	0,21
Mo	0,005	0,85	0,02	0,018
Zn	0,06	0,70	0,26	0,18

Nota. Los datos son expresados en base seca -requerimiento e índice de cosecha- y a humedad comercial del 13,5% -absorción y extracción-. Datos tomados de IPNI (2014).

Investigaciones realizadas con respecto al impacto de la fertilización antes de la siembra con nitrógeno, específicamente con urea de liberación lenta aplicada en bandas profundas por debajo de la zona de nodulación de la raíz puede maximizar el rendimiento (Salvagiotti et al., 2009).

El objetivo de este experimento fue identificar estrategias para superar las limitaciones de nitrógeno en la fase final del cultivo de soya para obtener el máximo rendimiento de semilla junto con una reducción de la fijación biológica de nitrógeno inducida por fertilizantes formulados con nitrógeno, las variables estudiadas fueron: la fuente de nitrógeno, la colocación del fertilizante y el momento de aplicación, obteniendo el mejor resultado usando la urea de

liberación lenta aplicada antes de la siembra en una banda profunda ubicada debajo de la zona de nodulación de las raíces (Salvagiotti et al., 2009).

Lo resaltante de esta investigación es que estudió variables como fuente de nitrógeno y lugar y momento de colocación de las diferentes fuentes de nitrógeno, lo que nos indica la importancia de evaluar estas variables en investigaciones posteriores.

También se ha analizado el efecto de la fertilización nitrogenada y con hierro sobre el crecimiento, el rendimiento y la eficiencia en el uso de fertilizantes de la soja en un suelo de Turquía. Este experimento se realizó bajo el supuesto de que el bajo rendimiento de soja en suelos de tipo mediterráneo puede ser el resultado de una absorción insuficiente de hierro (Fe) y una mala fijación biológica de nitrógeno (N) debido al alto bicarbonato y pH en los suelos. En este ensayo el fertilizante nitrogenado se aplicó al suelo y el fertilizante de hierro de manera foliar en dos etapas vegetativas del cultivo. Este estudio concluyó que la aplicación de N al inicio del cultivo y dos fertilizaciones de FeEDTA puede ser beneficiosa para mejorar el crecimiento temprano y el rendimiento final de la soja inoculada en suelos de tipo mediterráneo (Caliskan et al., 2008).

El P se acumula sostenidamente a altas tasas hasta una etapa ligeramente posterior al cese de la absorción de N, comenzando a ser importante unos 15 días más tarde con respecto a este (IPNI, 2014).

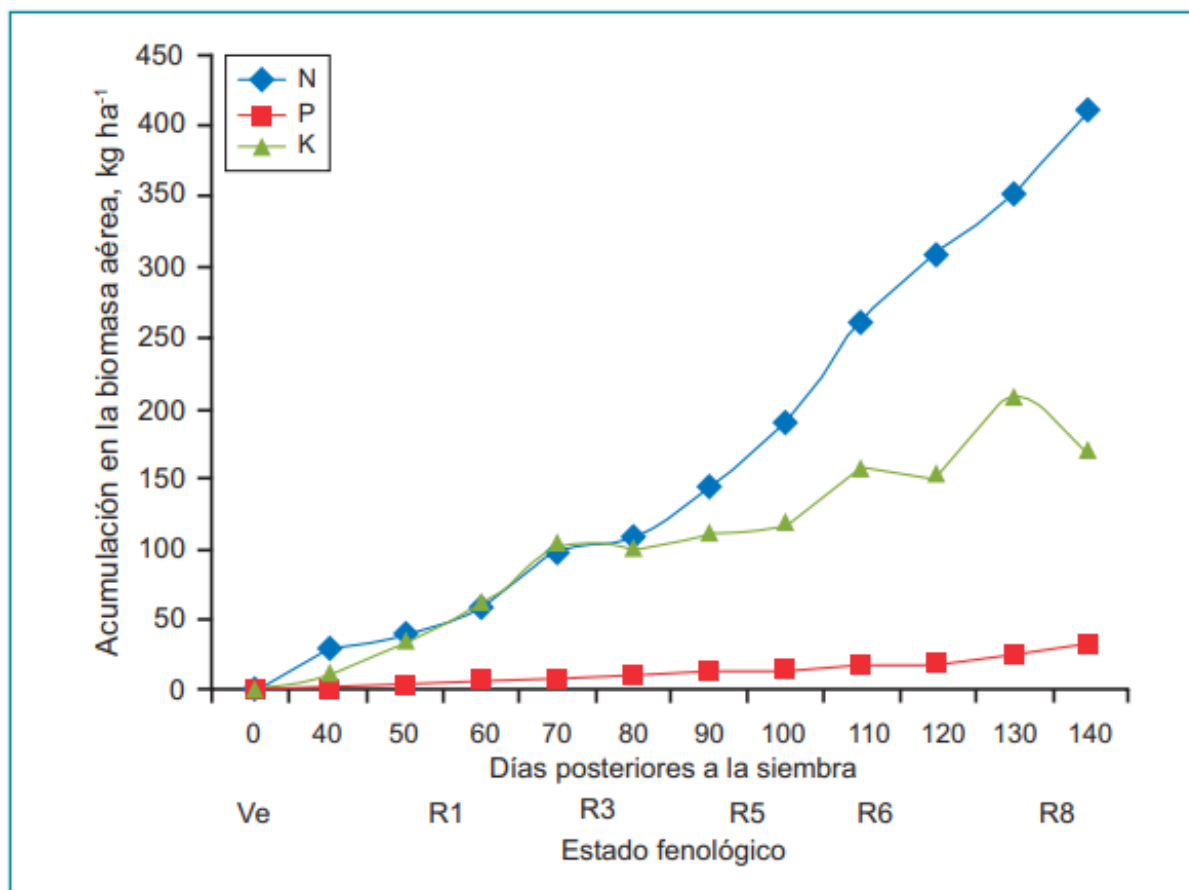
Las tasas máximas de acumulación tienen lugar durante el llenado de los granos y decaen recién hacia la finalización de este período (IPNI, 2014).

La dinámica del K en la planta es similar a la del P (IPNI, 2014).

En la figura 6 se observa la absorción de nutrientes durante el ciclo del cultivo de soja para un rendimiento de 5000 kg/ha.

Figura 6

Absorción de nutrientes durante el ciclo de cultivo de soya para un rendimiento de 5000 kg/ha



Nota. Datos tomados de IPNI (2014)

Investigaciones realizadas en Eslovaquia sobre el efecto de la fertilización sobre los componentes del rendimiento y los parámetros de calidad de la soya (*Glycine max* [L.] Merrill) demostraron que el rendimiento de las semillas estuvo significativamente influenciado por las condiciones climáticas 2.84 t/ha en el año 2004 y 4.68 t/ha en el año 2007 y por los tratamientos de fertilización. El nitrato de amonio suplementario con cal en la etapa vegetativa de V2 o Humix complet (2,5% de ácidos húmicos, 4,0% de N total, 0,5 P₂O₅, 3% de K₂O y micronutrientes) aplicado en las etapas V2 y R1 aumentó significativamente el rendimiento de

las semillas de soja hasta 3.91 t/ha y 4.27 t/ha en comparación con el tratamiento control 3.49 t/ha (Macák y Candráková, 2013).

Investigaciones en el sur del continente americano, en Paraguay, se realizó un trabajo de investigación en el Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria cuyo objetivo fue evaluar los efectos de 6 fertilizantes base con diferentes formulaciones, aplicados al cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill) en la siembra. En este experimento se concluyó que para la variedad de soja ND 5909 RG la fertilización de base con la formulación 07 N-34 P-12 K (Zn 0,2%, S 2%, Ca 3%, B 0,1%) ha mostrado efectividad en el rendimiento, la altura de planta en los estados fenológicos R6 y R8, y el peso de mil semillas, por lo cual se sugiere su práctica en la zona sur de Paraguay. No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos respecto al número de semillas por vaina (Irala et al., 2023).

Argentina por ser uno de los principales países productores de soja ha realizado muchos trabajos de investigación con el cultivo de soja. Gutiérrez-Bohem y Thomas (2001) llevaron a cabo un experimento para determinar los efectos del suministro del P y el déficit hídrico, sobre el desarrollo del área foliar en soja, y si la nutrición con P afecta la repuesta de la soja al estrés hídrico, concluyeron que la nutrición con fósforo no afectó la respuesta de la soja al estrés hídrico en la mayoría de las variables medidas. Las reducciones relativas al estrés hídrico fueron similares en todos los niveles de fósforo para el área foliar individual, el área foliar de toda la biomasa aérea, conductancia estomática y transpiración. Por lo tanto, se rechazó la hipótesis de que la tolerancia de la soja al estrés hídrico mejoraría mediante una adecuada nutrición con fósforo (Gutiérrez-Boem y Thomas, 2001).

En Colombia, Ortiz (1990) brinda recomendaciones para la fertilización de la soya en el Valle del Cauca, en líneas generales, para mantener el nivel de fertilidad de los suelos y proveer un buen suministro de nutrientes a la planta se hacen las siguientes recomendaciones:

1. En suelos con contenidos bajos de materia orgánica (menos 2%) aplicar 30 kg N/ha; con contenidos medios (2-4% MO) aplicar 15 kg N/ha
2. En suelos ácidos pobres en P (menos de 10 ppm) aplicar 45 kg de P_2O_5 /ha, con contenidos medios de P (20-30 ppm) aplicar 30 kg de P_2O_5 /ha y en suelos con alto contenido de P, mayor de 30 ppm, en el caso de la soya no hacer aplicaciones de este elemento.
3. En suelos con contenidos bajos de K (menos de 0,5 me/100 g) aplicar 30 kg K_2O /ha; medios altos (0,15-030 me/100 g) aplicar 15 kg K_2O /ha.
4. En suelos alcalinos (pH mayor 7.3) hay respuesta a la aplicación de elementos menores, en estas condiciones aplicar 1 kg de B/ha, dosis superiores causan disminución en el rendimiento.
5. En suelos alcalinos cuando no se aplica fertilización o se aplica solo NPK, los rendimientos son muy bajos.
6. En suelos alcalinos la dosis recomendada de NPK es 15-15-15 kg/ha de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente.
7. En suelos con bajo contenido de Zn (menos de 2 ppm) se recomienda aplicar 5 kg Zn/ha al suelo, o aplicar $ZnSO_4$ foliar al 0,6%, haciendo tres aplicaciones, la primera 15 días después de la siembra.

En cuanto a las investigaciones del uso de microelementos en el cultivo de soya, Minchenko (2020) en su investigación en la región de Kurst en Rusia demostró que la mayor

eficiencia y los mejores indicadores económicos fueron con el uso del fertilizante de microelementos complejos Microfid Boron, hizo aplicaciones en semilla y foliar durante el desarrollo del cultivo.

Los autores Marzhokhova y Kashukoev (2022) describieron el papel fisiológico de los microelementos en el cultivo de soya, caracterizando el papel único del molibdeno, el zinc, el manganeso, el boro y el hierro. Optimizando la aplicación foliar de microelementos en el cultivo de soya se promueve el aumento de vainas por plantas y cantidad de semillas. También concluyen que hay datos muy diferentes sobre las fechas óptimas para la aplicación foliar de micronutrientes en soya.

Tian-qing (2006) realizó un experimento en macetas estudiando los efectos de correlación sobre las características de las raíces y la parte aérea de variedades de soya entre diferentes fertilizantes de microelementos.

Tian-qing (2006) concluyó que los fertilizantes formulados con microelementos Mo, Fe y B mejoran el crecimiento del desarrollo de raíces de soya, con un mayor número de raíces laterales totales con 26,4%, 20,7% y 14,4% respectivamente.

En Suramérica también se han realizado investigaciones con microelementos, Masgrau (2006) realizó ensayos en cuatro localidades de la región Pampeana de Argentina con el objetivo de evaluar la respuesta de diferentes formas de aplicación de Co y Mo en soya, con niveles no limitantes de P y S en siembra directa.

Masgrau (2006) concluyó que la aplicación de Cobalto y Molibdeno mejoraron la cantidad de nódulos del cultivo y al igual que Salvagiotti et al. (2009) también concluye que el momento de aplicación y la forma de aplicación genera una diferencia entre los tratamientos, en

este caso, las mejores respuestas se obtuvieron con los tratamientos realizados a la semilla, siendo menor el efecto de las aplicaciones de estos elementos por vía foliar.

En Brasil, en la región del Cerrado, Barbosa et al. (2016) concluyeron que una dosis de fertilizante menores con niveles adecuados de Mn y Zn al suelo de 133,32 kg/ha aumenta la productividad de la soya.

En Brasil, en la región del Cerrado, Da Silva et al. (2019) concluyeron que la aplicación de micronutrientes al suelo afecta el estado nutricional y la actividad fotosintética de las plantas de soya, pero no afecta significativamente el rendimiento del grano. En el tratamiento con alta suplencia de micronutrientes se observaron plantas más altas con mayor expansión foliar, sin embargo, esto no influyó en los rendimientos.

Por otro lado, también hay investigaciones que van más allá de los rendimientos, y tienen un alcance enfocado a las características agroindustriales del grano de soya como concentraciones de aceite y proteína.

En el 2005, Haq y Mallarino realizaron 112 ensayos variando las fertilizaciones foliares y al suelo y concluyeron que la fertilización foliar y del suelo aumenta el rendimiento de la soya con efectos poco frecuentes, inconsistentes y pequeños en las concentraciones de aceite y proteína, pero a menudo aumenta la producción total de aceite y proteína. (Haq y Mallarino, 2005).

Con respecto a la calidad de la semilla también se ha investigado los efectos de la fertilización con fósforo y potasio sobre la calidad y composición de las semillas. Esta investigación tuvo como objetivos determinar el efecto de diferentes niveles de fertilización con P y K sobre la calidad de la semilla de soja definida como la viabilidad, el vigor y la composición de la semilla. Los resultados indicaron que la proteína y el aceite totales de la

semilla no se vieron afectados significativamente por la fertilización con P y K en la mayoría de los lugares de experimentación. Sin embargo, los niveles excesivos de fertilización con fósforo y potasio impactan negativamente la calidad de la semilla de soya, con un aumento de las concentraciones de ácido linoléico (Krueger et al., 2013).

Importancia de la Altura de la Carga en la Cosecha de Soya

En climas templados se pueden sembrar diferentes variedades buscando siempre altos rendimientos. En Europa recomiendan cultivar variedades tempranas o muy tempranas, que por su biología forman el primer par de vainas muy bajas, justo por encima del suelo.

Lamentablemente esto genera pérdidas en la cosecha (Rebilas et al., 2020).

La disponibilidad de agua durante el período vegetativo fue un factor importante que tuvo un impacto en la posición de las vainas en el tallo, y, por lo tanto, influyó fuertemente en las pérdidas de peso de las semillas causadas por el proceso de corte (Rebilas et al., 2020).

Sin embargo, para la altura de corte más alta de 15 cm, las pérdidas aumentaron incluso siete y ocho veces, especialmente para las densidades de siembra muy altas (Rebilas et al., 2020).

Otros autores como Shomirzaev y Umirov (2022) expresan que es importante determinar correctamente la altura de cosechadora en soya.

Cuando se cambió la altura de cosecha de la cosechadora de 5 cm a 20 cm, el daño en forma de vainas y grano derramados debido al efecto de la rueda del motor estaba en el rango de 0,34 a 0,48 por ciento. (Shomirzaev y Umirov, 2022).

Características Edafo-climáticas del Municipio de Obando

El municipio de Obando con 22.588,49 hectáreas, está situado al Occidente de Colombia, al norte del departamento del Valle del Cauca, sobre la parte plana del Valle del río Cauca y se

extiende sobre la cordillera Central, alcanzando alturas entre 917 y 1.700 m.s.n.m. (Alcaldía Municipal de Obando en Valle Del Cauca, 2018).

Materiales y Métodos

Localización

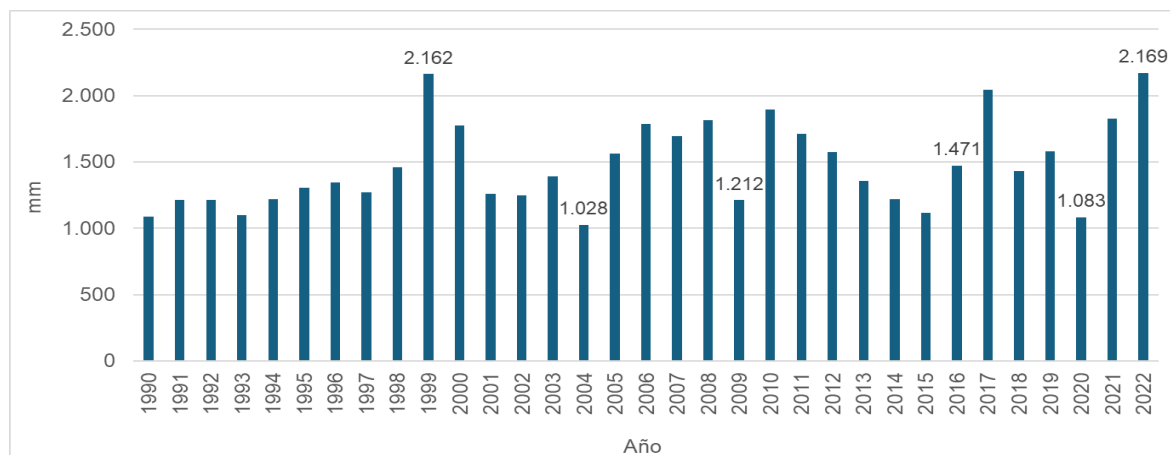
Este ensayo se realizó en el municipio de Cartago, departamento del Valle del Cauca, Colombia. Las variedades se establecieron en el norte de departamento del Valle del Cauca, específicamente en la zona rural del municipio de Obando, Latitud 4,39'26" norte – Longitud 75°55'31" oeste a una altura de 935 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 28 grados centígrados día, la zona presenta precipitaciones anuales promedio de 1.578 mm, distribuidas en dos temporadas de lluvia, la primera temporada inicia en el mes de marzo y se extiende por los meses de abril y mayo; la segunda temporada de lluvias inicia en el mes de septiembre y continua en los meses de octubre y noviembre. El promedio del brillo solar es de 5 a 6 horas/día.

El municipio Obando cuenta con varias estaciones pluviométricas del IDEAM, siendo la estación meteorológica más cercana al sitio de investigación la estación Palmasola, Latitud 4°41'18.3" norte – Longitud 75°55'31.0" oeste (IDEAM, 2024).

En la figura 7 se muestra la precipitación total anual registrada en la estación Palmasola del IDEAM, código de la estación: 26100830, ubicada en el municipio Cartago del Departamento del Valle del Cauca. Durante estos años en esta estación la precipitación promedio anual fue de 1.473,83 mm anuales.

Figura 7

Precipitación total anual estación Palmasola, Valle del Cauca. Año 1990-2022



Nota. Datos tomados de IDEAM (2024).

Características del Suelo

Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado en esta investigación fue el de Bloques Completos al Azar (BCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones.

El tamaño de la parcela experimental fue de 20 m x 60 m, para un total de 1.200 m² por parcela.

El tamaño de la unidad experimental fue de 5 m x 10 m, para un área total de cada unidad experimental de 50 m² que correspondieron a 20 surcos de 5 metros de largo separados 0,50 cm.

El esquema del diseño experimental se presenta en la tabla 6:

Tabla 6

Esquema del diseño experimental

DISEÑO EXPERIMENTAL		TRATAMIENTOS					
BLOQUES	I	T1-R1	T0 -R1	T3 -R1	T4 -R1	T5 -R1	T2 -R1
	II	T3 -R2	T2 -R2	T0 -R2	T1 -R2	T4 -R2	T5 -R2

III	T3 -R3	T1 -R3	T0 -R3	T4 -R3	T5 -R3	T2 -R3
IV	T0 -R4	T3 -R4	T2 -R4	T5 -R4	T1 -R4	T4 -R4

Nota. Fuente: elaboración propia

Tratamientos

Los seis (6) tratamientos desarrollados en esta investigación se observan en la tabla 7:

Tabla 7

Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO (T)	DESCRIPCIÓN	MÉTODO DE APLICACIÓN
T ₀	Testigo Sin fertilización	--
T ₁	12 kg N + 30 kg de P ₂ O ₅ + 30 kg de K ₂ O ₅ + 10 kg Mg + 17 kg S / ha	Al suelo
T ₂	12 kg N + 30 kg de P ₂ O ₅ + 60 kg de K ₂ O ₅ + 20 kg Mg + 34 kg S / ha	Al suelo
T ₃	12 kg N + 30 kg de P ₂ O ₅ + 60 kg de K ₂ O ₅ + 20 kg Mg + 34 kg S / ha + Foliar (menores)	Al suelo Foliar
T ₄	12 kg N + 30 kg de P ₂ O ₅ + 90 kg de K ₂ O ₅ + 30 kg Mg + 51 kg S / ha	Al suelo
T ₅	Foliar (menores)	Foliar

Nota. Fuente: elaboración propia

La fecha de siembra del ensayo fue el 23 de marzo de 2023. La fecha de germinación fue el 29 de marzo de 2023.

Se realizó una sola aplicación de los tratamientos, a los 20 días después de la siembra.

Para la aplicación de los tratamientos se disolvieron en agua las dosis de fertilizantes correspondiente a cada fertilizante de cada tratamiento y se utilizó una pulverizadora de espalda para la aplicación, en drench para los tratamientos de aplicación al suelo y foliar para los tratamientos de aplicación de microelementos.

Fuente de los Fertilizantes

Para diseñar los tratamientos de aplicación al suelo se usaron dos fuentes de fertilizantes: un fosfato diamónico (DAP) 18-46-0 y el fertilizante edáfico PatentKali® un sulfato doble de potasio y magnesio cuyo grado es 0-0-30-10Mg-17S. Para el tratamiento foliar se utilizó el fertilizante Microkel® Mix, que está formulado con algas marinas *Ascophyllum nodosum* y elementos nutricionales, cuya composición garantizada se presenta en la tabla 8.

Tabla 8

Composición garantizada del fertilizante Microkel® Mix

Composición	Concentración
Nitrógeno Total (N)	50,0 g/l
Magnesio Total (MgO)	30,0 g/l
Boro Total (B)	50,0 g/l
Cobre Total (Cu)	2,0 g/l
Hierro Total (Fe)	4,0 g/l
Manganeso Total (Mn)	3,0 g/l
Molibdeno Total (Mo)	2,0 g/l
Silicio Total (Si)	4,0 g/l
Zinc Total (Zn)	100,0 g/l
Carbono Orgánico Total Oxidable	30,0 g/l

Nota. Datos tomados de Campofert (2020)

La formulación de cada tratamiento para cada repetición se indica en la tabla 9 y su equivalente por hectárea.

Tabla 9

Formulación de los fertilizantes por tratamiento y por hectárea

TRATAMIENTO (T)	FORMULACIÓN / ha	FORMULACIÓN / parcela
T ₀	Sin fertilización	--
T ₁	65 kg DAP+100 kg Patentkali	150 g DAP + 500 g Patentkali
T ₂	65 kg DAP+200 kg Patentkali	150 g DAP + 1000 g Patentkali
T ₃	65 kg DAP+200 kg Patentkali + FOLIAR (menores)	150 g DAP + 1000 g Patentkali + FOLIAR (menores)
T ₄	65 kg DAP+300 kg Patentkali	150 g DAP + 1500 g Patentkali
T ₅	Foliar (menores)	FOLIAR (menores)

Nota. Fuente: elaboración propia

La variedad de semilla de soya utilizada fue SK 7 de Semillas Kamerún.

Variables Evaluadas

Las variables evaluadas se enfocaron en caracteres agronómicos y fueron las siguientes:

Altura de la Planta

Para medir esta variable se utilizó una cinta métrica de metal y se midió desde el cuello de la planta a nivel de suelo hasta el ápice de las plantas. Se midieron todas las plantas de la unidad experimental y se obtuvo el promedio entre todas las mediciones. Se midió en centímetros.

Altura de la Carga

Para medir esta variable se utilizó una cinta métrica de metal y se midió desde el cuello de la planta a nivel del suelo hasta la inserción de la primera vaina. Se midieron todas las plantas de la unidad experimental y se obtuvo el promedio entre todas las mediciones. Se midió en centímetros.

Número de Vainas por Planta

Se cosechó cada planta por separado y se contó el número de vainas cosechadas por cada planta de cada unidad experimental. Se obtuvo el promedio entre todas las mediciones por tratamiento.

Número de Semillas por Plantas

Se cosecharon las vainas por cada planta de cada unidad experimental, se desgranó cada vaina y se contó el total de semillas por planta.

Rendimiento

Se midió el rendimiento por cada parcela experimental. Se pesaron todas las semillas por tratamiento en gramos y se dividió entre el área de cada unidad experimental, este cálculo arrojó los gramos/m² y se realizó el cálculo estimado para rendimiento en kg/ha.

Índice Semilla

Esta variable se midió en gramos.

Análisis Estadístico

Resultados y Discusión

Luego de analizar los datos recogidos en campo y realizar el análisis estadístico se obtuvieron los siguientes resultados para la determinación de la dosis óptima de fertilizante para maximizar el rendimiento de la soya (*Glycine max* L.) en suelos del Norte del Valle del Cauca.

El resultado del Análisis de Varianza se observa en la tabla 10.

Tabla 10

Análisis de varianza de las variables agronómicas evaluadas del cultivo de la soya frente a la aplicación de fertilizantes en la hacienda El Samán, variedad SK7, nivel de significancia 5%

Fuente de Variación	G li	Altura Planta (cm)		Altura Carga (cm)		Número Vainas/planta		Número de Semillas/planta		Índice semilla (g)		Rendimiento (kg/ha)	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Tratamientos	5	0,000	0,1	0,001	<0,00	0,002	0,03	0,019	<0,00	0,275	0,89	1623	0,96
		12	61	65	01	90	7	35	01	00	2	2,2	0
Promedio		68,1		19,9		52,0		116,3		13,9		2662,0	
CV (%)		1,01		1,66		4,15		7,12		6,66		10,84	

Nota. Significativo a 0.05%, Gl=Grados de Libertad; CV=coeficiente de variación;

CM=cuadrado medio. Variables evaluadas: Altura de planta (cm), Altura de carga (cm), Número

de vainas/planta, Número de semillas/planta, Índice de semilla (g), Rendimiento (kg/ha). Fuente: elaboración propia.

Bajo las condiciones de este ensayo y según los resultados del análisis de la varianza se encontró que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, por lo tanto, se realizó la prueba de Tukey para determinar los mejores tratamientos.

Los resultados de la prueba de Tukey se presentan en la tabla 11.

Tabla 11

Resultados estadísticos de la prueba de Tukey para las variables estudiadas por tratamiento

Tratamiento	Altura Planta (cm)		Altura Carga (cm)		Número Vainas/planta		Número Semillas/planta		Índice semilla (g)		Rendimiento (kg/ha)	
	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo	Promedio	Grupo
T1	68,0	a	19,6	B	45,8	b	96,9	b	14,0	a	2623,0	a
T2	67,9	a	16,6	B	52,3	ab	102,6	b	13,8	a	2789,8	a
T3	67,4	a	31,1	A	52,9	ab	124,0	ab	13,8	a	2653,8	a
T4	67,7	a	17,6	B	49,2	ab	112,6	b	14,0	a	2629,3	a
T5	66,5	a	16,3	B	65,7	a	149,3	a	14,3	a	2647,8	a
T0	71,0	a	18,2	B	45,7	b	112,1	b	13,5	a	2628,8	a

Nota. Variables evaluadas: Altura de planta (cm), Altura de carga (cm), Número de vainas/planta, Número de semillas/planta, Índice de semilla (g), Rendimiento (kg/ha). Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la altura de la carga en centímetros podemos ver que existen diferencias significativas entre los tratamientos, el T₃ presenta diferencia estadísticamente significativa con

respecto a los otros tratamientos, con un promedio de 31,1 cm. Con respecto a los otros tratamientos, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos: T₀, T₁, T₂, T₄ y T₅.

Este tratamiento 3 incluye el fertilizante foliar con nutrientes menores,

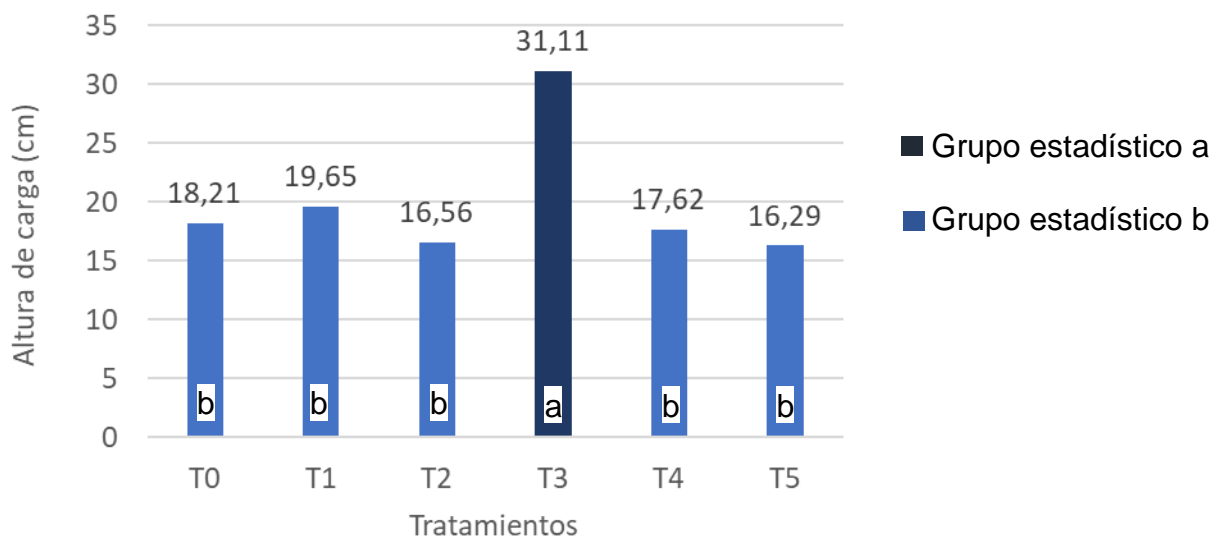
Los investigadores Shomirzaev y Umirov (2022) y Rebilas et al. (2020) explican la importancia de la altura de la carga para disminuir pérdidas en la cosecha mecanizada de soya y su relación con la variedad de soya entre otras variables.

Este resultado es importante porque se presume que la altura de la planta podría facilitar la cosecha mecánica, y disminuir las pérdidas de grano.

La figura 8 representa los grupos estadísticos para el caso de la variable altura de la carga, promedios con igual letra no difieren significativamente.

Figura 8

Promedios y grupos estadísticos de la variable altura de carga (cm)



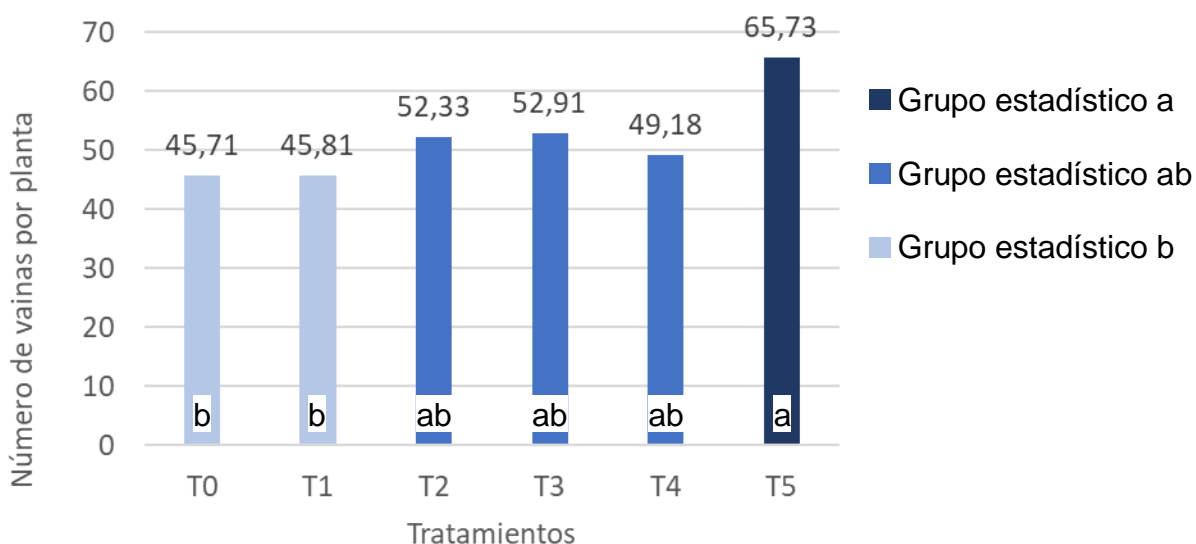
Nota. Fuente: elaboración propia.

En la variable número de vainas por planta también se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las variables siendo el T₅ el tratamiento donde se obtuvo el mayor promedio, con un número de vainas por planta de 67,7. Mientras que en los tratamientos T₂, T₃ y T₄, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ellos y el tratamiento testigo y el T₁ obtuvieron el menor promedio y entre ellos no hubo diferencias estadísticamente significativas.

La figura 9 representa los promedios y grupos estadísticos para el caso de la variable número de vainas por planta, promedios con igual letra no difieren significativamente.

Figura 9

Promedios y grupos estadísticos de la variable número de vainas por planta.



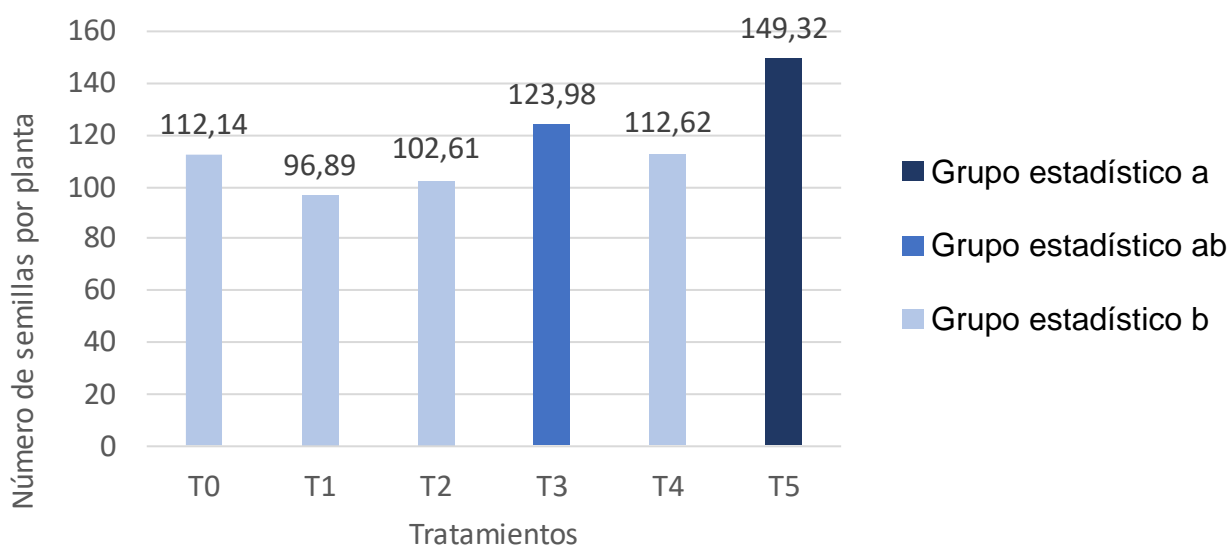
Nota. Fuente: Elaboración propia.

La otra variable donde se presentaron diferencias estadísticamente significativas fue la variable número de semillas por planta, el T₅ presentó el mayor promedio con 149,32 vainas por planta, en el siguiente grupo estadístico se encuentra el T₃ con 123,98 semillas por planta. No se

encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos T₀, T₁, T₂ y T₄ como se observa en la figura 10.

Figura 10

Promedios y grupos estadísticos de la variable número de semillas por planta.



Nota. Fuente: elaboración propia

Evaluación de la Relación Costo-beneficio de la Fertilización y su Impacto en la Rentabilidad de la Producción de Soya (*Glycine max L.*)

La relación de costos por cada tratamiento versus la producción permite determinar cuál tratamiento es más rentable en el Valle del Cauca.

Aunque no se presentaron diferencias significativas en la variable rendimiento entre los tratamientos, se evaluará el costo por tratamiento debido a que la relación costo-beneficio entra a jugar un papel fundamental en la rentabilidad del cultivo.

Se hicieron las mismas actividades agronómicas para todos los tratamientos, la única diferencia entre ellos fue la cantidad de fertilizantes aplicados por tratamiento.

En la tabla 12 se presentan el resultado de los cálculos del costo por parcela y por hectárea del uso de fertilizantes por tratamiento, expresado en pesos colombianos.

Tabla 12

Costos por parcela y por hectárea de la aplicación de fertilizantes en los diferentes tratamientos expresado en pesos

TRATAMIENTO (T)	Formulación/parcela	Costo/parcela COP	Formulación/ha	costo/ha
T ₀	Sin fertilización	\$ 0,00	Sin fertilización	\$ 0,00
T ₁	150 g DAP + 500 g Patentkali	\$ 2.165,00	65 kg DAP +100 kg Patentkali	\$ 506.500,00
T ₂	150 g DAP + 1000 g Patentkali	\$ 4.015,00	65 kg DAP +200 kg Patentkali	\$ 876.500,00
T ₃	150 g DAP + 1000 g Patentkali + Foliar (menores)	\$ 4.275,00	65 kg DAP +200 kg Patentkali + Foliar (menores)	\$ 879.100,00
T ₄	150 g DAP + 1500 g Patentkali	\$ 5.865,00	65 kg DAP +300 kg Patentkali	\$ 1.246.500,00
T ₅	Foliar (menores)	\$ 269,80	Foliar (menores)	\$ 2.600,00

Nota. Fuente: elaboración propia.

Con los resultados del costo de los fertilizantes de los diferentes tratamientos el precio de referencia del kilo de soya el 21 de julio de 2023, se calculó la rentabilidad de la aplicación de cada tratamiento.

El comparativo del análisis de costos por cada tratamiento se presenta en la tabla 13:

Tabla 13

Comparativo entre los tratamientos de la rentabilidad del uso de fertilizantes

TRATAMIENTO	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Rendimiento productivo (kg/ha)	2.628,80	2.623,00	2.789,80	2.653,80	2.629,30	2.647,80
Promedio costo total de fertilizantes por hectárea (COP)	\$ 0	\$ 506.500	\$ 876.500	\$ 903.100	\$ 1.246.500	\$ 26.600
Promedio costo total por kilogramo (COP)	\$ 0	\$ 193,10	\$ 314,18	\$ 340,30	\$ 474,08	\$ 10,05
Promedio costo total por tonelada (COP)	\$ 0	\$ 193.100	\$ 314.180	\$ 340.304	\$ 474.081	\$ 10.046
Precio promedio de venta (COP/kg)	\$ 2.550	\$ 2.550	\$ 2.550	\$ 2.550	\$ 2.550	\$ 2.550
Promedio costo total por hectárea	\$ 0	\$ 506.500	\$ 876.500	\$ 903.100	\$ 1.246.500	\$ 26.600
Ingreso neto/ha	\$ 6.703.440	\$ 6.182.150	\$ 6.237.490	\$ 5.864.090	\$ 5.458.215	\$ 6.725.290
Rentabilidad/ha	0 %	- 7,78 %	- 6,95 %	- 12,52 %	- 18,58 %	0,33 %

Nota: El precio promedio de venta es referencia de FENALCE (2024). Fuente: elaboración propia

El cálculo realizado para determinar el costo-beneficio del uso de fertilizantes en los diferentes tratamientos indica que se obtuvo una rentabilidad de 21.850 COP/ha en el T₅. Los otros tratamientos tuvieron una utilidad negativa.

Los resultados obtenidos demuestran que no hubo diferencias significativas en los rendimientos, este resultado es distinto a lo obtenido por otros autores como Macák y Candráková (2013), Caliskan et al. (2008) y Salvagiotti et al. (2009) aunque estos autores relacionaron la fertilización N, P, K con variables como el clima, fuente de los fertilizantes y lugar de colocación de estos.

Barbosa et al. (2016) concluyó que el uso de fertilizante en base a micronutrientes efectivamente aumenta la productividad de la soya, aunque en este experimento no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos sobre el rendimiento.

Sin embargo, si se presentaron diferencias significativas en las variables altura de la carga, número de semillas por planta y número de vainas por planta en aquellos tratamientos donde se realizaron aplicaciones foliares con elementos menores. Conclusión similar presentó Da Silva et al. (2019) donde observó plantas más altas con una mayor aplicación de micronutrientes al suelo.

Se obtuvieron los mismos resultados que Marzhokhova y Kashukoev (2022) con respecto a las variables número de semillas y número de vainas por planta, presentándose un aumento de estas variables con la aplicación de fertilizantes foliares.

Este resultado es muy concluyente porque indica que las variables agronómicas medidas si fueron afectadas por la aplicación de micronutrientes.

En cuanto al costo-beneficio del uso de fertilizantes bajo las condiciones de este ensayo indican que solo la aplicación foliar de micronutrientes puede generar un beneficio adicional.

Conclusiones

El ensayo permitió determinar que no existen diferencias significativas entre las dosis de fertilizantes aplicadas al suelo que conduzcan al aumento de los rendimientos de la soya (*Glycine max L.*) en suelos del Norte del Valle del Cauca, por lo tanto, no es necesario hacer ningún tipo de fertilización edáfica en este cultivo en esta zona.

Si se encontraron diferencias en las variables altura de la carga, número de vainas por planta y número de semillas por planta en los tratamientos donde se realizó aplicación foliar de microelementos.

En relación con la rentabilidad de la fertilización y su repercusión de la producción de soya (*Glycine max L.*), nuestra investigación concluye que la fertilización foliar con microelementos aumenta el beneficio en 21.850 COP/ha. Los tratamientos con fertilizante en aplicación al suelo no generaron un beneficio económico superior al tratamiento testigo sin aplicación de fertilizantes. Con respecto a la aplicación de fertilizantes al suelo no es conveniente hacer aplicación de fertilizantes al suelo porque genera rentabilidad negativa, afectando la rentabilidad del cultivo.

Referencias Bibliográficas

Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados

Agropecuarios. (2018, noviembre). *La soya oleaginosa de importancia mundial*. Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. <https://www.gob.mx/aserca/articulos/la-soya-oleaginosa-de-importancia-mundial?idiom=es>

Alcaldía Municipal de Obando en Valle Del Cauca. (2018, agosto 9). *Nuestro municipio. Su historia, Geografía, Ecología, Economía*.

<https://obandovalledelcauca.micolombiadigital.gov.co/municipio/nuestro-municipio-su-historia-geografia-ecologia-economia>

Barbosa, J. M., Rezende, C. F. A., Leandro, W. M., Ratke, R. F., Flores, R. A. y da Silva, Á. R. (2016). Effects of micronutrients application on soybean yield. *Australian Journal of Crop Science*, 10(8), 1092-1097.

<https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.08.p7367>

Bastidas Ramos, G. (1983). *Características morfológicas de la planta de soya (Glycine max (L), Merrill)*.

<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/20970>

Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M. E. y Arslan, M. (2008). The effects of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in a Mediterranean-type soil. *Field Crops Research*, 108(2), 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.04.005>

Camacho M., L. H. (1979). *Características agronómicas y morfológicas de la soya*.

Campofert. (2020). *Ficha Técnica Microkel Mix*.

- Da Silva, R. R., Rodrigues, L. U., Fidélis, R. R., Faria, Á. J. G. de y Nascimento, V. L. (2019). Nutritional and morphophysiological responses of soybean to micronutrient fertilization in soil. *Communications in Plant Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.26814/cps2019016>
- Díaz-Franco, A., Alejandro-Allende, F., Cisneros-López, Ma. E., Espinosa-Ramírez, M. y Ortiz-Cháirez, F. E. (2021). Fertilización biológica, orgánica y mineral reducida en soya (*Glycine max L.*). *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.725>
- FENALCE. (2023). *Datos al grano: Cereales, Leguminosas y Soya. 2023-A*. <https://fenalce.co/wp-content/uploads/2023/10/Datos-al-Grano-2023A.pdf>
- FENALCE. (2024). *Recaudo*. <https://fenalce.co/recaudo/>
- Gutiérrez-Boem, F. H. y Thomas, G. W. (2001). Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficit (Resumen). *Journal of Plant Nutrition*, 24(11), 1711-1729. <https://doi.org/10.1081/PLN-100107308>
- Haq, M. U. y Mallarino, A. P. (2005). Response of Soybean Grain Oil and Protein Concentrations to Foliar and Soil Fertilization (Resumen). *Agronomy Journal*, 97(3), 910-918. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0215>
- Hartman, G. L., West, E. D. y Herman, T. K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. (Resumen). *Food Security*, 3, 5-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-010-0108-x>
- IDEAM. (2024). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>

INTAGRI. (2016). *Soya: Importancia Nacional e Internacional*.

<https://www.intagri.com/articulos/noticias/soya-importancia-nacional-e-internacional>

IPNI. (2014). *Requisitos nutricionales del cultivo de soja*.

[http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/49c7194c60bccd4a05257e0e0068a297/\\$FILE/AA%20-%205%20Mayo-2014.pdf](http://nla.ipni.net/ipniweb/region/nla.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/49c7194c60bccd4a05257e0e0068a297/$FILE/AA%20-%205%20Mayo-2014.pdf)

Irala González, R. F., Vega, A. R. y González, N. (2023). Efecto de formulaciones de fertilizante de base en el cultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill). *Revista Impacto*, 3(1), 51-58.

<https://revistas.uni.edu.py/index.php/impacto/article/view/388>

Krueger, K., Goggi, A. S., Mallarino, A. P. y Mullen, R. E. (2013). Phosphorus and Potassium Fertilization Effects on Soybean Seed Quality and Composition. *Crop Science*, 53(2), 602-610. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.06.0372>

Laboratorio de análisis químico. Cooperativa de Cafetaleros del Norte del Valle. (2022). *Reporte de análisis de suelo No. 7126. Finca El Samán, Cartago, Valle del Cauca*.

Macák, M. y Candráková, E. (2013). The effect of fertilization on yield components and quality parameters of soybeans [(*Glycine max* (L.) MERR.] seeds (Resumen). *Journal of Central European Agriculture*, 14(3), 379-389. <https://hrcak.srce.hr/107423>

- Marzhokhova, M. Kh. y Kashukoev, M. V. (2022). Efficiency of foliar fertilization of soybeans with microelements. *Oil Crops*, 2(190), 77-88.
<https://doi.org/10.25230/2412-608X-2022-2-190-77-88>
- Masgrau, A. (2006). Ensayo de fertilización con Cobalto y Molibdeno en Soja. 2005-2006. *ensayos en SD*, 63-66.
- Minchenko, Zh. N. (2020). Agrotechnological aspects of soybean cultivation with application of microelements fertilizers (Resumen). *сборник статей всероссийской научной конференции с международным участием "Растениеводство и луговое хозяйство"*. <https://doi.org/10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-106>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). *Soya Maíz: Proyecto País* (Grupo BIOS, La Fazenda, FENALCE, Hacienda San José, & AGROSAVIA, Eds.). https://fenalce.co/wp-content/uploads/2021/10/Soya-Maiz-Proyecto-Pais_2021_compressed.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). *FAOSTAT*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Ortiz Ramírez, G. (1990). Fertilización de la soya en el Valle del Cauca. *SOYA 30 años*, 25-27. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/30798>
- Ortiz Ramírez, G. (1990). Requisitos nutricionales de la soya. En *SOYA 30 años*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/30796>
- Pinto, H. S., de Avila, A. M. H. y Cardoso, A. O. (2013). Challenges to Increased Soybean Production in Brazil. En *A Comprehensive Survey of International*

Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships. InTech. <https://doi.org/10.5772/52647>

Ramírez Valencia, R. A. (2006). *Origen, taxonomía y morfología de la soya*.

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/1653>

Rębilas, K., Klimek-Kopyra, A., Baciór, M. y Zając, T. (2020). A model for the yield losses estimation in an early soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivar depending on the cutting height at harvest. *Field Crops Research*, 254, 107846. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107846>

Rosas, J. C. y Young, R. (1991). *El cultivo de la soya* (Tercera). Escuela Agrícola Panamericana-El Zamorano.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/028d6db0-2619-445e-a0e3-3befd9057b84/content>

Salvagiotti, F., Specht, J. E., Cassman, K. G., Walters, D. T., Weiss, A. y Dobermann, A. (2009). Growth and Nitrogen Fixation in High-Yielding Soybean: Impact of Nitrogen Fertilization. *Agronomy Journal*, 101(4), 958-970. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0173x>

Shomirzaev, M. K. y Umirov, A. T. (2022). Research on cutting height in soybean harvesting with a combine harvester. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1112(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012010>

Sistema Nacional Sistema Producto - Oleaginosas. (2010, agosto). *Soya, situación actual, mundial y nacional (Primera parte)*. Sistema Nacional Sistema Producto - Oleaginosas. http://www.oleaginosas.org/art_338.shtml#top


Tian-qing, D. (2006). Effects of Microelement Fertilizers on the Correlation Between Soybean Root System and Aerial Parts. *Journal of Shanxi Agricultural University*.

Valladares, C. A. (2010). *Taxonomía, botánica y fisiología de los cultivos de grano*.
<https://studylib.es/doc/5440229/taxonom%C3%ADa-y-bot%C3%A1nica-de-los-cultivos-de-grano>

Apéndices

Apéndice A

Ficha técnica del fertilizante Fosfato Diamónico (DAP)

Marca Comercial			
Nombre	FOSFATO DIAMONICO (DAP)		
Grado	18-46-0		
Composición garantizada	Nitrógeno Total (N)	18.0	%
	Nitrógeno Amoniacal (N)	18.0	%
	Fósforo asimilable (P ₂ O ₅)	46.0	%
	Humedad máxima	1.5	%
Registro de Venta ICA	583		
Tipo de abono	Fertilizante compuesto granulado N-P para aplicación al suelo.		
Empaque	Bultos de 50 kilos.		
Aplicaciones	Fertilizante superconcentrado apropiado como fuente fosfatada y nitrogenada en suelos bien abastecidos con potasio. Eficaz para una amplia gama de cultivos, particularmente para arroz-riego en aplicaciones post-siembra. Cuando se aplica en la siembra debe evitarse el contacto con la semilla. Excelente para el abonamiento "de arranque".		

Importado y Garantizado por


 Un grupo de la Corporación  **Pequiven**
 Via 40 Las Flores – Barranquilla, Colombia
 Teléfonos: (57-5) 3618212 / 3618374
 Fax: (57-5) 3559996 / 3556595
 Web: www.monomeros.com

FOSFATO DIAMONICO (DAP) • GENERAL • 000

Nota. Datos obtenidos de MONOMEROS (2024)

Apéndice B

Ficha técnica del fertilizante Patentkali

PATENTKALI

Sulfato doble de Potasio y Magnesio granulado obtenido por extracción directa de mina sin tratamiento químico, con certificación para ser usado en los programas de nutrición de cultivos orgánicos y en cultivos convencionales. Balance ideal de los tres nutrientes Potasio, Azufre y Magnesio para lograr en la planta el mejor estado fitosanitario y calidad de cosecha.

Composición

30%	POTASIO
10%	MAGNESIO
17%	AZUFRE

Nota. Datos obtenidos de DISANAGRO (2024).

Apéndice C

Ficha técnica del fertilizante Microkel® Mix

Microkel® Mix

Sinergia Nutricional que estimula su cultivo





Presentación



Microkel® Mix permite suplir los requerimientos nutricionales de prácticamente todos los microelementos y complementa su formulación con Nitrógeno, Magnesio y Azufre. Todo este balance, es ideal para la activación metabólica y productiva de la planta. **Microkel® Mix** está formulado con algas marinas *Ascophyllum nodosum*, que junto con los elementos nutricionales presentes en el producto, favorecen el balance hormonal natural de las plantas, redundando una mayor productividad y en una mejor calidad de las cosechas.

Composición Garantizada

Nitrógeno Total (N)	50,0 g/L
Nitrógeno Amónico (N)	3,3 g/L
Nitrógeno Ureico (N)	46,7 g/L
Magnesio Total (MgO)	30,0 g/L
Boro Total (B) ^{**}	50,0 g/L
Cobre Total (Cu) [*]	2,0 g/L
Hierro Total (Fe) [*]	4,0 g/L
Manganeso Total (Mn) [*]	3,0 g/L
Molibdeno Total (Mo) [*]	2,0 g/L
Silicio Total (SiO ₂)	4,0 g/L
Zinc Total (Zn) [*]	100,0 g/L
Carbono Orgánico Oxidable Total	30,0 g/L

*Queladao con EDTA
**Complexado con trietanolamina

Contenido de patógenos:
Salmonella sp. Ausente en 25 ml
Estradactérias Totales: Menos de 10 UFC/ml
Metales pesados por debajo de lo permitido en la NTC 5107

pH en solución al 10%	7,02
Conductividad eléctrica 1-200	0,63 dS/m
Densidad a 20°C	1,35 g/cm ³

REGISTRO VENTA ICA No 9568

Beneficios de usar Microkel® Mix



Permite suplir la demanda nutricional de elementos menores en los cultivos.



Estimula el crecimiento, el desarrollo, el enraizamiento.



El Nitrógeno y Magnesio contribuyen con la asimilación y aprovechamiento de los elementos menores.



Estimula el movimiento y acumulación de azúcares.



El extracto de algas marinas contribuye con mejorar el balance hormonal, y con el movimiento y asimilación de los nutrientes de la formulación.



Fortalece la pared celular y mejora la calidad de las cosechas.



Puede ser usado en aplicaciones foliares, sistemas de fertirrigación y fertilizaciones líquidas al suelo.



info@campofert.com | Calle 15B No. 25A-352 | Yumbo, Valle - Colombia
www.campofert.com | Km. 4 Autopista Cali - Yumbo | Teléfono: (57) 2 666 8041

Con el fin de aumentar la eficiencia en la nutrición, la recomendación debe ser generada por un Ingeniero Agrónomo, basados en un análisis de suelo y/o de tejido foliar. Igualmente, debe tenerse en cuenta las condiciones del suelo, clima y etapa fenológica del cultivo.

IC 001-31-420039-09

Nota. Datos obtenidos de CAMPOFERT (2024).

Apéndice D

Histórico de precios de referencia del kilo de soya en Colombia, expresado en COP.



FNC FNS

Región

Pacífica

Fecha

01/07/2023 31/07/2023

Históricos de precios de referencia en Colombia

Precios para **autoconsumo***
Maíz amarillo, maíz blanco y soya

Históricos de precios spot (Pesos colombianos por kilogramo)			
Fecha	Maíz Amarillo	Maíz blanco	Soya
6 de julio de 2023	\$1.186	\$1.482	\$2.529
7 de julio de 2023	\$1.235	\$1.538	\$2.536
10 de julio de 2023	\$1.232	\$1.525	\$2.470
11 de julio de 2023	\$1.235	\$1.529	\$2.484
12 de julio de 2023	\$1.248	\$1.545	\$2.752
13 de julio de 2023	\$1.208	\$1.486	\$2.661
14 de julio de 2023	\$1.301	\$1.548	\$2.693
17 de julio de 2023	\$1.329	\$1.554	\$2.651
18 de julio de 2023	\$1.161	\$1.385	\$2.578
19 de julio de 2023	\$1.186	\$1.406	\$2.565
21 de julio de 2023	\$1.181	\$1.441	\$2.550
24 de julio de 2023	\$1.149	\$1.409	\$2.552
25 de julio de 2023	\$1.196	\$1.454	\$2.571
26 de julio de 2023	\$1.200	\$1.459	\$2.566

*Según lo estipulado en las Resoluciones 502 de 2023 y 539 de 2023 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Notas: Precios en pesos colombianos. Precios de Bolsa de Chicago y tasa dólar estadounidense de apertura del día. Precios referencia no necesariamente son precios de compra. Los precios de cada comprador pueden variar al precio referencia dependiendo de condiciones pasadas, presentes y/o futuras del mercado internacional y/o nacional. No incluyen costos operativos, financieros y administrativos. La publicación de los precios de referencia se realiza todos los días hábiles del año en Colombia. **Para los fines de semana y festivos se toma como referencia el precio de la última publicación.** Más información en www.fenalce.co/estadisticas.

Nota. Datos obtenidos de FENALCE (2024).

Apéndice E

Reporte de análisis de suelo No. 7126, finca El Samán, municipio Cartago, Valle del Cauca, Colombia

COOPERATIVA DE CAFETALEROS DEL NORTE DEL VALLE		Laboratorio de análisis químico		REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELO		No. 7126	
Código:	S-7126	Vereda:	NE	Cultivo Establecido:	NE		
Propietario:	Carlos Alberto Gomez	Finca:	El Saman	Variedad:	NE		
Municipio:	Cartago	Recibo:	02/02/2022	Edad:	NE		
Tecnico:	James Serna	Reportado:	25/02/2022	Sombrio:	NE		
Entidad:	CAFENORTE			Densidad (Plantas/Ha):	NE		
Lote:	Las 27 - 20 cm			Altitud (msnm):	NE		

*NE= No especificado

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA		
Parametro	Resultados	Unidades
pH	5,9	-
Materia Orgánica	2,11	%
Nitrogeno	0,11	%
Calcio Intercambiable	9,41	meq/100 g
Potasio Intercambiable	0,35	meq/100 g
Magnesio Intercambiable	7,33	meq/100 g
Sodio Intercambiable	0,08	meq/100 g
Alumino Intercambiable	0,00	meq/100 g
Capacidad de Intercambio Cationico Efectiva (CICE)	17,18	meq/100 g
Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)	35,22	meq/100 g
Fósforo Disponible	4,58	mg/Kg
Boro Disponible	0,19	mg/Kg
Azufre Disponible	2,94	mg/Kg
Hierro (DTPA)	128,26	mg/Kg
Cobre (DTPA)	2,64	mg/Kg
Manganeso (DTPA)	23,22	mg/Kg
Zinc (DTPA)	1,50	mg/Kg

FERTILIDAD FÍSICA	
GRANULOMETRÍA	F-Ar
Arcilla (%)	37
Limo (%)	25
Arena (%)	37

RELACIONES	
% Saturación de Bases	48,5
Ca/Mg	1,3
Ca/K	26,6
Mg/K	20,7
(Ca + Mg)/K	47,3

Albeiro Fíórez Arenas
Albeiro Fíórez Arenas
Químico Industrial
C. Laboratorio de suelos y Foliares

Metodos de Análisis:
pH: potenciometrico-suelo: Agua 1:1; CE: Pasta de saturación, N: Calculado; MO: Walkley-Black -Colorimetria; K, Ca, Mg Na: Acetato de amonio 1N pH 7.0 - EAA; Al: KCl 1N - Volumétrico; Fe, Cu, Mn, Zn: DTPA - EAA; CIC: Acetato de amonio 1N pH 7.0 - Volumétrico; P: Bray II-colorimetria Bray Kurtz; S: Fosfato monocalcico - Turbimetrico; B: Fosfato monocalcico - colorimétrico; Textura: Bouyoucos con pirofosfato de sodio-clasificación diagrama triangular de USDA-F (franco), Ar (arcilloso), L (limoso), A (arenoso).

Nota. Datos obtenidos de COOPERATIVA DE CAFETEROS DEL NORTE DEL VALLE (2022).