Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento de Agricultura

“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAÍZ VARIEDAD DK 390 CON DIFERENTES NIVELES DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN LA FINCA AGRÍCOLA EXPERIMENTAL FAE-UNI, MUNICIPIO LAS FLORES, DEPARTAMENTO DE MASAYA, AÑO 2025”.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Axel José González Sánchez
Carnet: 2019-0632U

Br. Esther Suyapa Quezada López
Carnet: 2018-0751U

Br. Keyla Mercedes Huete
Carnet: 2019-0621U

Tutor:

Ing. Omri David López Canales

12 de agosto de 2026
Managua, Nicaragua

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA

Managua, Nicaragua

7 de agosto del 2026.

MSc. Ing. Silvano Enrique Cruz Sánchez

Director DACA

Su despacho

Estimado MSc. Méndez Ubeda

Reciba un cordial saludo.

Me dirijo a usted para informarle que el trabajo monográfico elaborado por los Brs. Axel González, Esther Quezada, Keyla Huete, titulado **"EVALUACION DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DEL CULTIVO DE MAIZ VARIEDAD DK-390 CON DIFERENTES NIVELES DE MECANIZACION AGRICOLA EN LA FINCA AGRICOLA EXPERIMENTAL FAE-UNI, MUNICIPIO LAS FLORES, DEPARTAMENTO DE MASAYA, AÑO 2026",** ha sido finalizado y debidamente revisado, por lo que dicho trabajo cumple con los requisitos para ser sometido a defensa ante el honorable jurado que usted designo.

Agradeciendo la atención a la presente, me despido deseándole éxito en sus labores diarias.

Atentamente,

_____

Ing. Omri David López Canales

Docente del Programa Académico de Ingeniería Agrícola (PAIA)

Dirección del Área de Conocimiento de Agricultura (DACA)

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto, por la salud y seguir adelante día a día.

A mi madre Sandra Sánchez por apoyarme siempre ser mi guía en la vida y por su amor incondicional, a mi padre Wilmer González por brindarme sus consejos, experiencias y apoyarme mientras pudo, a mi abuela María Romero y tía rosa Sánchez por su apoyo y a mis familiares y amigos por ayudarme a cumplir esta etapa.

A mi novia Keyla Huete por siempre brindarme su apoyo y atención en lo largo de la carrera haciendo posible esta etapa.

A mi compañera de tesis Esther Quezada por haber compartido este camino, por su compañerismo y amistad.

A mi tutor ingeniero Omri López por brindarme su apoyo en todo este proceso, a los trabajadores de la finca agrícola experimental finca UNI por brindarnos su ayuda y experiencias en el campo.

Axel José González Sánchez.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco primeramente a Dios, por permitirme alcanzar esta meta durante todo este proceso. Gracias por cada bendición recibida, por las oportunidades que puso en mi camino y por permitirme culminar esta etapa que representa el fruto de años de esfuerzo.

A mis padres, Allan Quezada y Clara López, Gracias por haber estado a mi lado durante toda mi vida, apoyándome incondicionalmente en cada decisión y en cada paso que he dado. Gracias por todo lo que han hecho por mí.

A mi tutor, Ing. Omri López, le expreso mi sincero agradecimiento por su valiosa orientación y apoyo durante el desarrollo de esta investigación. Gracias por compartir sus conocimientos y consejos, los cuales fueron fundamentales para la realización de este trabajo.

A mis compañeros de tesis, Axel González y Keyla Huete, gracias por acompañarme durante esta importante experiencia. A lo largo de este proceso compartimos desafíos y experiencias que quedaran siempre en mi memoria. Gracias por su compañerismo y disposición para trabajar en equipo. Agradezco su amistad y el apoyo que me brindaron durante todo este tiempo.

Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron a mi formación y al logro de esta meta. Cada consejo, enseñanza, palabra de motivación y gesto de apoyo me fue de mucha ayuda.

Esther Suyapa Quezada López.

AGRADECIMEINTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría; pero, sobre todo, por guiar mis pasos y acompañarme en cada desafío, brindándome la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta importante meta.

A mi madre, Zayda Huete, y a mis padres de crianza, María Cruz y Javier Madrigal, les expreso mi más profundo agradecimiento por su amor incondicional, apoyo constante y sacrificios a lo largo de mi vida. Gracias por creer en mí, por brindarme sus consejos, enseñanzas y valores, y por acompañarme en cada etapa de mi formación personal y profesional. Este logro también les pertenece a ustedes, porque con su esfuerzo, dedicación y confianza me inspiraron a perseverar y alcanzar esta importante meta. Su ejemplo de trabajo, fortaleza y amor será siempre una guía en mi camino.

A la memoria de mi querida abuela, Eustralia Huete, quien, aunque ya no se encuentra físicamente conmigo, permanece siempre en mi corazón y en mis recuerdos. Gracias por su amor, sus enseñanzas y el cariño que me brindó a lo largo de su vida. Su recuerdo ha sido una fuente de inspiración y fortaleza para alcanzar esta meta.

A mi novio y compañero de tesis, Axel González, por acompañarme en cada etapa de este proceso y por compartir conmigo los retos y aprendizajes de esta investigación.

A mi compañera de tesis, Esther Quezada, por su dedicación, compromiso y esfuerzo durante todo este proceso. Ha sido un gusto compartir con ella este importante logro académico.

A mi tutor, Ing. Omri López, le expreso mi más sincero agradecimiento por su guía, paciencia y apoyo durante el desarrollo de esta tesis. Gracias por compartir sus conocimientos y contribuir de manera significativa al logro de esta meta académica.

Gracias a todos ustedes por estar conmigo a lo largo de este camino.

Keyla Mercedes Huete.

DEDICATORIA

A Dios por regalarme salud para culminar este camino, por su amor y bondad, por permitirme cumplir mis metas por darme las fuerzas de seguir adelante en medio de dificultades, por acompañarme en los buenos y malos momentos.

A mi madre Sandra Sánchez y Wilmer González (q.e.p.d) por apoyarme en todo momento económicamente, emocionalmente, por sus esfuerzos, quienes son mi motivo y ejemplo para seguir, quienes me han enseñado a no rendirme y a luchar por lo que quiero y deseo. A mis familiares que cuando empecé esta etapa me apoyaron y hoy en día no pueden estar presentes, y a los presentes por brindarme su apoyo en cualquier dificultad.

A mi novia Keyla Huete por creer en mí, por ayudarme en cualquier circunstancia, por su paciencia y amor.

Axel José González Sánchez.

DEDICATORIA

A Dios, le doy infinitas gracias por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada etapa de este camino. Este logro es una muestra de tu amor, gracia y tus bendiciones sobre mí. Sin tu compañía, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, Allan Quezada y Clara López, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida y los responsables de que hoy pueda alcanzar este sueño. Gracias por cada sacrificio, por cada esfuerzo para que nunca me faltara nada y por todas las veces que pusieron mis necesidades y mi educación por encima de las suyas. Gracias por guiarme, acompañarme y creer en mi cuando incluso yo dudaba. No existe manera de recompensar todo lo que han hecho por mí.

A mi hermano Allan Josué Quezada, por su apoyo, gracias por estar presente en cada etapa, por motivarme y por ser parte importante de mi vida y de este logro.

A toda mi familia en general, gracias por sus palabras de ánimo, sus consejos, sus oraciones y por acompañarme de una u otra manera durante este proceso.

Y finalmente, me dedico este logro a mí misma, gracias a mi esfuerzo, perseverancia y por nunca darme por vencida.

Esther Suyapa Quezada López

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por brindarme la vida, la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar esta importante meta.

A mi madre, quien ha sido mi mayor ejemplo de esfuerzo, amor y perseverancia, por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente y motivándome a seguir adelante en cada etapa de mi vida; este logro es también suyo.

A mi familia, por su cariño, confianza y apoyo constante; a la memoria de mi querida abuela, cuyo recuerdo permanece siempre en mi corazón como fuente de inspiración.

A mi novio y compañero de tesis, por su amor, compañía, comprensión y apoyo durante este proceso.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a mi formación personal y profesional. Con profundo agradecimiento, dedico este logro a quienes creyeron en mí y me impulsaron a perseverar hasta alcanzar este importante objetivo.

Finalmente, me dedico este logro a mí misma, gracias a mi esfuerzo, perseverancia y por nunca darme por vencida.

Keyla Mercedes Huete.

RESUMEN

La presente investigación evaluó el rendimiento productivo del cultivo de maíz variedad DK-390 bajo tres niveles de mecanización agrícola: manual, semi-mecanizado y mecanizado, en la Finca Agrícola Experimental FAE-UNI, municipio Las Flores, departamento de Masaya, durante el año 2026. El estudio tuvo como objetivo determinar la influencia de los diferentes métodos de siembra sobre el desarrollo vegetativo, el rendimiento de cosecha y los costos de producción del cultivo. Además, se consideró la caracterización física del suelo y la eficiencia de las labores agrícolas, con el propósito de identificar el sistema de mecanización más adecuado para optimizar la productividad y el aprovechamiento de los recursos disponibles.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, de tipo aplicada y prospectiva. El estudio se realizó en un área de 1,984 m² (0.2 ha), dividida en tres parcelas destinadas a los métodos manual, semi-mecanizado y mecanizado. Se efectuó un análisis físico del suelo, determinándose una textura franco-arcillosa compuesta por 31.56 % de arcilla, 29.68 % de arena y 38.76 % de limo, con una densidad aparente de 0.70 g/cm³, porosidad de 63.15 % y capacidad de campo de 47.82 %. La siembra se realizó utilizando la variedad híbrida DK-390, con una distancia de 0.85 m entre surcos y 0.25 m entre plantas, depositando dos semillas por golpe. Durante el ciclo del cultivo se evaluaron variables de crecimiento como altura de planta, diámetro del tallo y número de hojas, además de variables de rendimiento relacionadas con la cantidad de mazorcas y granos por mazorca. Asimismo, se analizaron los costos de producción y la eficiencia operativa de cada método de siembra.

Los resultados evidenciaron que el suelo presentó condiciones adecuadas para el establecimiento del cultivo, con una estructura granular, pH de 6 y alta capacidad de retención de humedad. En cuanto al desarrollo vegetativo, el método mecanizado alcanzó la mayor altura de planta con 330.67 cm en la etapa de maduración, mientras que el mayor grosor de tallo fue de 14.33 mm y el número máximo de hojas registradas fue de 15. En la evaluación productiva, el método manual obtuvo 312 mazorcas por surco y registró el mayor número de granos por mazorca con un

promedio de 672 granos, seguido por el método semi-mecanizado con 616 granos y el mecanizado con 585 granos por mazorca. Además, los métodos mecanizado y semi-mecanizado presentaron mayores capacidades de trabajo y eficiencia operativa durante la siembra, alcanzando eficiencias de campo de 76 % y 74 %, respectivamente, en comparación con el método manual que obtuvo 80 % de eficiencia, pero menor capacidad de trabajo. Estos resultados permitieron comparar el comportamiento productivo y económico de los distintos niveles de mecanización empleados en el cultivo de maíz DK-390.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 1

II. ANTECEDENTES 2

III. JUSTIFICACIÓN 3

IV. OBJETIVOS 4

4.1. Objetivo General 4

4.2. Objetivos Específicos 4

V. MARCO TEORICO 5

5.1. Definición del cultivo de Maíz 5

5.2. Rendimiento del cultivo de maíz 5

5.3. Requerimientos Edáficos 7

5.4. Niveles de mecanización 8

5.5. Preparación del suelo 9

5.6. Manejo Agronómico 10

5.7. Cosecha 10

VI. DISEÑO METODOLOGICO 11

6.1. Tipo de investigación 11

6.1.1. Según el enfoque de la investigación 11

6.1.2. Según el alcance de los resultados 11

6.1.3. Según el periodo de ocurrencia 11

6.2. Ubicación del estudio 11

6.2.1. Macro Localización: 11

6.2.2. Micro Localización: 12

6.3. Caracterización de la zona de estudio 12

6.4. Establecer el cultivo de maíz variedad DK-390 14

6.5. Análisis del rendimiento del cultivo de maíz variedad DK-390 18

6.6. Costos de producción de implementos de siembra usados. 19

VII. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 21

7.1. Condiciones para el cultivo 21

7.1.1. Propiedades físicas del suelo 21

7.1.2. Levantamiento topográfico: 26

7.2. Establecimiento del cultivo de maíz 27

7.2.1. Delimitación del área 27

7.2.2. Preparación del terreno 27

7.2.3. Siembra del cultivo 29

7.2.4. Labores culturales 32

7.3. Rendimiento productivo del cultivo 34

7.3.1. Variables de desarrollo 34

7.3.2. Cosecha 37

7.3.3. Comparativo de variables agronómicas y de producción 50

7.4. Costos de producción 53

VIII. CONCLUSIONES 67

IX. RECOMENDACIONES 68

X. BIBLIOGRAFIA 69

XI. ANEXOS i

11.1. Prueba de laboratorio i

11.2. Cálculos vii

11.2. Planos xv

11.3. Tablas de variables xix

11. 4. Costos xxvi

11.5. Cosecha xxxiii

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de maíz. 8
Tabla 2. Tabla de las Labores Agrícolas. 16
Tabla 3. Tipos de Estructuras del suelo. 22
Tabla 4. Tabla resumen de las propiedades del suelo. 25
Tabla 5. Datos topográficos del área de estudio. 26
Tabla 6. Tabla resumen de las actividades de PPS. 28
Tabla 7. Resumen del método manual. 30
Tabla 8. Resumen del método semi-mecanizado. 30
Tabla 9. Resumen del método mecanizado. 31
Tabla 10. Ficha Técnica Operativa de Manejo Agronómico del cultivo de maíz variedad DK 390 (Año2026). 32
Tabla 11. Cantidad de plantas por surco por método. 38
Tabla 12. Cantidad de granos por mazorca por surco por método (método manual). 39
Tabla 13. Cantidad de granos por mazorca por surco por método (método semi-mecanizado). 40
Tabla 14. Cantidad de granos por mazorca por surco por método (método mecanizado). 42
Tabla 15. Cantidad de granos por mazorca (máximo). 43
Tabla 16. Comparación de pesaje. 44
Tabla 17. Comparación de pesaje. 44
Tabla 18. Comparación de pesaje. 45
Tabla 19. Resumen de los valores máximos para los tres métodos. 45
Tabla 20. Cantidad de granos por mazorca (promedio). 45
Tabla 21. Comparación de pesaje. 46
Tabla 22. Comparación de pesaje. 46
Tabla 23. Comparación de pesaje. 47
Tabla 24. Resumen de los valores promedios para los tres métodos. 47
Tabla 25. Cantidad de granos por mazorca (mínima). 48
Tabla 26. Comparación de pesaje. 48

Tabla 27. Comparación de pesaje. 49
Tabla 28. Comparación de pesaje. 49
Tabla 29. Resumen de los valores mínimos para los tres métodos. 49
Tabla 30. Tabla Resumen. 50
Tabla 31. Variables agronómicas y de producción. 51
Tabla 32. Costos de preparación de terreno. 53
Tabla 33. Rendimiento en galones y tiempo de labor. 54
Tabla 34. Datos recopilados. 55
Tabla 35. Costos de accesorios de riego. 56
Tabla 36. Costos de semillas. 56
Tabla 37. Costos de fertilizante. 57
Tabla 38. Costos de fertilizante. 57
Tabla 39. Costos de fertilizante. 58
Tabla 40. Costos generales para todos los métodos. 59
Tabla 41. Costos del método manual por uso de Fertilizantes. 59
Tabla 42. Costo total para el método manual. 60
Tabla 43. Costo producción x qq x método. 61
Tabla 44. Costos del método semi-mecanizado por uso de fertilizante. 61
Tabla 45. Costos totales para el método semi-mecanizado 62
Tabla 46. Costo producción x qq x método. 62
Tabla 47. Costos del método mecanizado por uso de fertilizante 63
Tabla 48. Costos totales para el método mecanizado. 63
Tabla 49. Costo producción x qq x método. 64
Tabla 50. Resumen de costos comparativos de producción. 64
Tabla 51. Costos totales. 65
Tabla 52. Datos de Textura vii
Tabla 53. Datos de Densidad Real. viii
Tabla 54. Datos recopilados de peso de muestras. viii
Tabla 55. Datos de densidad aparente para muestra inalterada ix
Tabla 56. Datos de muestras por 24 horas. ix
Tabla 57. Mediciones de campo. xix

Tabla 58. Variables por etapa de crecimiento por método de siembra. xxi
Tabla 59. Variable de medición de altura. xxiii
Tabla 60. Variable de grosor de tallo. xxiv
Tabla 61. Variable de numero de hojas. xxv
Tabla 62. Costos de producción. xxvi

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Resumen de graficas del comportamiento de la Altura. 35
Figura 2. Resumen de graficas del comportamiento del grosor del tallo. 36
Figura 3. Resumen de graficas del comportamiento del No. De Hojas. 37
Figura 4. Demostración de parcela método manual. 40
Figura 5. Demostración de parcela método semi-mecanizado. 41
Figura 6. Demostración de parcela método mecanizado. 42
Figura 7. Prueba de textura por el método del tacto. i
Figura 8. Clasificación de textura en el suelo. i
Figura 9. Datos de comparación de la densidad real. ii
Figura 10. Datos de densidades de agua destilada a distintas temperaturas. ii
Figura 11. Datos de comparación de la densidad aparente. iii
Figura 12. Datos de comparación de porosidad. iii
Figura 13. Datos de comparación de capacidad de campo. iii
Figura 14. Ficha técnica de la semilla de maíz variedad DK-390. iv
Figura 15. Ficha Técnica Tractor Kubota ME 8200. iv
Figura 16. Ficha Técnica del Motocultor MH 710. v
Figura 17. Ficha Técnica de Sembradora de Precisión Manual WM-20. vi
Figura 18. Plano de Macro Localización. xv
Figura 19. Plano de Micro Localización. xvi
Figura 20. Plano de Curvas de Nivel. xvii
Figura 21. Plano de Delimitación del área. xviii
Figura 22. Costos Chapodadora agrícola. xxviii
Figura 23. Costos Romplona agrícola. xxix
Figura 24. Costos Tractor Kubota. xxx
Figura 25. Costos Energía para riego. xxxi
Figura 26. Costo Mano de obra. xxxii
Figura 27. Corte de la mata. xxxiii
Figura 28. Cosecha de maíz. xxxiv
Figura 29. Pesaje de las mazorcas de maíz. xxxv

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de Densidad Real. 13
Ecuación 2. Cálculo de la Densidad Aparente. 13
Ecuación 3. Cálculo de la pendiente. 14
Ecuación 4. Cálculo de porcentaje de germinación. 15
Ecuación 5. Cálculo de la Densidad de siembra. 15
Ecuación 6. Cálculo de Capacidad de trabajo..... 17
Ecuación 7. Eficiencia de trabajo. 17
Ecuación 8. Promedio de mazorcas por planta. 19
Ecuación 9. Cantidad total de mazorcas por hectárea. 19
Ecuación 10. Cantidad de granos/mazorca..... 19
Ecuación 11. Cálculo de los costos totales. 20

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (***Zea mays L.***) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto por su relevancia alimentaria como por su impacto económico y social. Este cultivo constituye la base de la dieta en numerosos países de América Latina, África y Asia, siendo un recurso fundamental para la seguridad alimentaria y la producción de insumos industriales y pecuarios. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2024), el maíz ocupa el primer lugar en producción global de cereales, representando más del 40 % de la producción total, debido a su versatilidad, capacidad de adaptación a diferentes condiciones agroecológicas y su alto valor nutritivo.

El presente estudio titulado “Evaluación del rendimiento productivo del cultivo de maíz variedad DK 390 con diferentes niveles de mecanización agrícola en la Finca Agrícola Experimental FAE-UNI, municipio Las Flores, departamento de Masaya, año 2025”**,** se enfocó en analizar cómo la aplicación de diversos grados de mecanización incidió en la productividad del cultivo. La variedad DK 390, reconocida por su alto potencial de rendimiento y su resistencia a condiciones adversas, represento una opción estratégica para la agricultura moderna. Este trabajo busco generar conocimientos técnicos que contribuyan a optimizar el manejo agrícola mediante la comparación de métodos manuales, semi mecanizados y mecanizados, evaluando su influencia sobre el desarrollo y la producción del maíz.

Durante la investigación se realizó la preparación del terreno, la siembra y el manejo del cultivo de maíz utilizando diferentes implementos de la mecanización agrícola. Se registraron y analizaron variables relacionadas con las propiedades físicas del suelo, el crecimiento de las plantas, el rendimiento de grano y los costos de producción. Además, se aplicaron métodos de campo que permitan cuantificar los efectos de cada nivel de mecanización sobre la eficiencia productiva y la sostenibilidad del sistema agrícola en estudio, garantizando resultados confiables y comparables.

II. ANTECEDENTES

Lopez (2013) en su investigación “Rendimiento de semilla certificada (maíz NB-9043) Municipio de Siuna 2013” tuvo como objetivo realizar observaciones desde la primera etapa del cultivo hasta el momento del llenado del grano, que desde su punto de vista y según el manejo agronómico que se le dio, con certeza pueden decir que dicha variedad es adaptable a la zona con rendimientos mayores a los 40 quintales por manzana, ya que se logró observar plantas con mucho vigor, mazorcas saludables y de buen tamaño.

La investigación de Villela (2019), tuvo como objetivo determinar la densidad de siembra óptima para dos cultivares de maíz (ICTA B-7 y DEKALB 390) en Guatemala, hallando que el híbrido DK-390 produjo 11,513.55 kg/ha y la variedad ICTA B-7 generó 7,275.13 kg/ha. El análisis estadístico indicó que una densidad de 88,889 plantas/ha resultó en el mayor rendimiento, lo que valida la importancia de la densidad de siembra para maximizar la producción de maíz.

El estudio de Guamán (2020) en Ecuador estableció que los híbridos de maíz utilizados presentan una mayor producción cuando las plantas son más grandes, lo que se atribuye a una mayor eficiencia fotosintética y rendimientos bioquímicos favorables, Se preparó el terreno con rastra de discos, sembrando manualmente con una distancia de 0.8 m entre hileras y 0.20 m entre plantas, resultando en una densidad de 62,500 plantas por hectárea, imitando condiciones de siembra mecanizada.

III. JUSTIFICACIÓN

El rendimiento productivo del cultivo de maíz variedad DK 390 en la finca Agrícola Experimental FAE-UNI presenta variaciones en su rendimiento productivo debido a la aplicación de diferentes niveles de mecanización agrícola, lo cual genera inconsistencias en la eficiencia de las labores de preparación del suelo, siembra, manejo y cosecha, afectando la productividad y dificultando la determinación de prácticas óptimas para mejorar el desempeño del cultivo.

Ante esta problemática, el presente estudio propone evaluar de manera sistemática el rendimiento productivo del maíz variedad DK 390 bajo diferentes niveles de mecanización agrícola. Esta evaluación permitirá identificar cuál nivel de mecanización maximizará la eficiencia en campo, mejorando el uso de recursos, reduciendo tiempos de labor y facilitando la adopción de prácticas agrícolas más modernas y sostenibles. La propuesta busca ofrecer datos comparativos que respalden la selección de equipos y métodos adecuados para optimizar la productividad.

Los resultados obtenidos de esta investigación beneficiarán directamente a la FAE-UNI como centro formativo y productivo, a los estudiantes de las carreras agropecuarias que tendrán acceso a información actualizada para la formación práctica, así como a productores locales del municipio de Las Flores y zonas aledañas, quienes podrán aplicar los niveles de mecanización más adecuados para incrementar la productividad y competitividad del cultivo de maíz en sus fincas.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar el rendimiento productivo del cultivo de maíz variedad DK 390 con diferentes niveles de mecanización agrícola en la Finca Agrícola Experimental FAE-UNI.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la zona de estudio mediante el análisis de las propiedades físicas del suelo relacionadas con la mecanización, utilizando métodos de campo y de laboratorio.
- Establecer el cultivo de maíz variedad DK-390 utilizando diferentes implementos de mecanización agrícola.
- Analizar el rendimiento del cultivo de maíz variedad DK-390, a través de variables de desarrollo y cosecha.
- Comparar los costos de producción basados en los métodos de siembra aplicado en el cultivo de maíz DK 390.

V. MARCO TEORICO

5.1. Definición del cultivo de Maíz

El maíz pertenece al grupo de gramíneas más importantes y corresponde a la especie Zea Mays, originaria de América. Se estima que apareció hace más de ocho mil años y una de las hipótesis con mayor fuerza es que comenzó a cultivarse a partir del teosinte, una maleza silvestre que tiene cinco especies en México, Guatemala y Nicaragua. Castillo & Bird (2017, p. 102).

5.2. Rendimiento del cultivo de maíz

El rendimiento del cultivo de maíz, como en todos los cultivos, tiene componentes fijos, difícilmente modificables por el productor y componentes variables, los cuales el productor puede ajustar con base a su conocimiento y experiencia del cultivo. La forma y cantidad en cómo estos componentes afectan el rendimiento suelen determinarse a través de investigaciones en el campo experimental. A pesar de que esta investigación no es de carácter experimental, se requiere del conocimiento básico de los factores de producción del maíz, a fin de justificar las variables que serán utilizadas en el análisis de varianza. A continuación, se presentan los determinantes reales del rendimiento del cultivo en estudio.

La literatura sugiere que los determinantes del rendimiento del cultivo de maíz son diversos y varían de acuerdo con las particularidades de cada región Bartolini, R. (1990); Parsons, D., (1999); Mific, (2007); Rena A. et al. (2009). Entre los factores fijos se encuentran la disponibilidad de luz y anhídrido carbónico, duración de estación de cultivos y suelos. Entre los factores variables se encuentran el riego, fertilización, deshierbe y genotipo análisis de los determinantes del rendimiento del maíz en Nicaragua, Bartolini, R. (1990). En todos estos elementos, de acuerdo con Parsons, D., (1999), el factor genético es el más importante, mientras los ambientales lo son hasta cierto punto. El tipo de semilla a utilizar debe ajustarse a las condiciones ambientales y el manejo del cultivo debe acomodarse al tipo de semilla y al entorno ambiental.

Considerando la gran variedad de semillas y ecosistemas, es imposible abordar el manejo y condiciones ambientales óptimas para cada una de ellas. Por lo tanto, se

describen aspectos genéricos relativos al impacto sobre el rendimiento del maíz Parsons, D (1990). Específicamente, se consideran elementos asociados a: clima, suelo, preparación del campo, fertilización, manejos de la siembra y del cultivo.

A fin de aumentar el rendimiento del cultivo de maíz se requiere una adecuada preparación del suelo. La fertilización es fundamental en todas las etapas del cultivo, especialmente para aquellas variedades híbridas y su efectividad depende de la cantidad y época de aplicación, la que determina el tipo de fertilizante a utilizar. Por ejemplo, se estima que para alcanzar un rendimiento de 400 ton/ha, se requiere utilizar 110 kg de nitrógeno, 40 kg de fósforo, 80 kg de potasio, 7 kg de calcio, 6 kg de magnesio y otros 6 kg de azufre Parsons, D., (1999).

En países en donde se depende más de las lluvias, la siembra del maíz debe realizarse al inicio de la estación lluviosa y esperar a que la temperatura del suelo alcance 10°C. Esta es la razón de que existan tres épocas de siembra en Nicaragua: la primera coincide con el inicio de las lluvias, la postrera se realiza posterior a la canícula (interrupciones de lluvia a mediados de julio) para aprovechar el reinicio del período lluvioso, y apante que se realiza en las zonas donde las lluvias continúan después de noviembre.

El manejo agronómico del cultivo tiene una alta incidencia en su rendimiento y comprende el control de las malezas, aporque y escaldado, suministro de agua de ser necesario, desespigamiento, combate de plagas y enfermedades para proteger al grano. Las malezas compiten con las plántulas en luz y nutrientes y la selección del herbicida debe considerar el tipo de maleza, clima, suelo y el método de aplicación. Por su parte, el aporque ayuda a eliminar malezas de forma mecánica, beneficia al anclaje de las plantas, contrarrestando los efectos negativos del viento y facilita el riego en surcos. El desespigamiento sirve para eliminar espigas en exceso a las requeridas para la polinización (se deja cerca del 25% de las espigas), con lo que se garantizan más nutrientes a los granos, aumentando la producción entre 5 y 20 por ciento.

5.3. Requerimientos Edáficos

El maíz se caracteriza por ser un cultivo de crecimiento rápido (3-5 meses) que proporciona un mayor rendimiento con temperaturas moderadas y suministro adecuado de agua, su adaptación oscila entre 0- 2500 msnm. (MEFCCA, p. 3).

- **Suelo (Textura):**

"Los más apropiados para la producción de maíz son los suelos francos o franco arcillosos con buen drenaje" (MEFCCA, s.f.). De acuerdo con (Bonilla, 2009) "La planta de maíz puede desarrollarse en una gama de suelo de texturas medias como francos y francos arcillo-arenosos".

En cambio, también puede variar en que suelo cultivar mediante las precipitaciones de la zona:

- En zonas de mucha lluvia son preferibles los suelos franco-arenosos por su alta capacidad de drenaje.
- En zonas de poca lluvia son preferibles los suelos arcillosos por su alta capacidad de retener humedad.
- **pH:**

Según (Instituto Nacional Tecnologico , 2017) el rango de pH necesario para el cultivo de maíz es entre 6- 7.5, considerando un pH neutro.

- **Temperatura:**

MEFCCA señala que el maíz requiere una temperatura de entre 24.4 a 35.6ºC, siendo una media de 32ºC la temperatura ideal para lograr una óptima producción.

- **Precipitación:**

La cantidad, distribución y eficiencia de la lluvia son factores importantes en la producción de maíz, y se puede decir que la condición de humedad ideal para el desarrollo del maíz es el estado de capacidad de campo, así mismo la cantidad de lluvia optima mínima es de 550 mm y la máxima de 1000 mm Bonilla (2009).

Tabla 1. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de maíz.

Suelo (Textura)	Suelos francos, franco arcillo-arenoso.
pH	6-7.5
Precipitaciones (mm)	550-1000
Altitud msnm	0-2500
Temperatura (ºC)	24.4-35

Fuente: Elaboración propia recopilado de fuentes citadas anteriormente.

5.4. Niveles de mecanización

Según Bolaños (2022), especialista en Maquinaria Agrícola, presentó los niveles de mecanización en la agricultura nicaragüense en celebración del 50 aniversario de la Ingeniería Agrícola en el país.

- **Nivel I**: **Manual o tradicional:**

Todos los trabajos se realizan a mano. No hay preparación de suelo y se utilizan como implementos especialmente machetes, espeque, azadón, bombas manuales.

- **Nivel II: Semi-tradicional:**

La preparación de suelo y el aporque se realizan con tracción, mientras que las otras actividades se realizan con implementos manuales. (Tracción motriz y trabajo manual).

- **Nivel III: Semi- mecanizado:**

La limpieza y la preparación del suelo se realiza con el tractor, la siembra control de maleza, y cultivo se realizan con bueyes. Uso de tracción motriz y animal.

- **Nivel IV: Motorizado:**

Todos los trabajos se realizan con la ayuda del tractor, a excepción de fertilización y cosecha.

- **Nivel V: Altamente tecnificado:**

Todas las actividades son llevadas a cabo con el tractor. Dentro de este nivel se considera la aplicación del riego y agricultura de precisión.

5.5. Preparación del suelo

La preparación del suelo para el cultivo de maíz es una etapa fundamental, ya que de ella depende el buen desarrollo radicular, la germinación uniforme y, en consecuencia, el rendimiento del cultivo.

- **Limpieza del terreno:**

Antes de iniciar la preparación, se debe eliminar toda la vegetación existente (malezas, rastrojos o residuos de cultivos anteriores). Esto se puede hacer de manera manual, con herbicidas o mediante un pase de rastra liviana. La limpieza evita la competencia por nutrientes y reduce la presencia de plagas y enfermedades.

- **Labranza primaria o arado:**

El arado tiene como finalidad aflojar y voltear el suelo para mejorar su aireación y facilitar la penetración de raíces. Generalmente, se realiza con arado de discos o de vertedera, alcanzando una profundidad de 20 a 30 cm. Este proceso también ayuda a incorporar materia orgánica y residuos al suelo, lo que mejora su fertilidad.

- **Labranza secundaria o rastra:**

Posterior al arado, se pasa una rastra para desmenuzar los terrones y nivelar el terreno. Esto permite obtener una textura más fina y uniforme, adecuada para la siembra y la germinación homogénea de las semillas. En algunos casos, se realizan dos pases de rastra cruzados para lograr una mejor pulverización del suelo.

- **Nivelación del terreno:**

La nivelación es esencial para asegurar una distribución uniforme del agua, especialmente si se utiliza riego por gravedad. Un terreno desnivelado puede provocar encharcamientos o zonas secas, afectando la germinación y el crecimiento del maíz.

- **Trazado y surcado (siembra en surcos)**

Si el método de siembra es manual o semi-mecanizado, se marcan los surcos con una distancia de 70 a 80 cm entre líneas, según la variedad y la densidad de siembra. Esto facilita la siembra, el control de malezas y las labores de cultivo posteriores.

5.6. Manejo Agronómico

El manejo agronómico del cultivo de maíz constituye una etapa esencial, ya que comprende el conjunto de prácticas orientadas a garantizar el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas.

- **Aplicación de enmiendas y fertilización de fondo:**

Durante la preparación del suelo se recomienda aplicar cal agrícola si el pH es inferior a 5.5, y materia orgánica o estiércol bien descompuesto para mejorar la estructura y retención de nutrientes. Además, puede realizarse una fertilización de base (por ejemplo, con fórmulas NPK 12-24-12) para favorecer el desarrollo inicial de las plántulas.

5.7. Cosecha

La cosecha del cultivo de maíz representa la etapa final del proceso productivo, en la que se recolectan las mazorcas una vez alcanzadas su madurez fisiológica, permitiendo obtener un producto de calidad y evaluar el rendimiento alcanzado.

- **Método manual:**

La cosecha manual de maíz consiste en recolectar las mazorcas directamente de la planta utilizando la fuerza humana y herramientas sencillas. Es el método tradicional más empleado en pequeñas parcelas o terrenos inclinados donde la maquinaria no puede ingresar.

- **Método mecanizado:**

La cosecha mecanizada del maíz consiste en utilizar maquinaria autopropulsada (cosechadoras combinadas) para automatizar todo el proceso de recolección.

VI. DISEÑO METODOLOGICO

6.1. Tipo de investigación

6.1.1. Según el enfoque de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, ya que se recopilarán y analizarán tanto datos numéricos como no numéricos, integrando información descriptiva y cuantitativa que permita comprender con mayor profundidad las variables involucradas. Este permitirá evaluar cómo los diferentes niveles de mecanización agrícola influyen en el rendimiento productivo del cultivo de maíz variedad DK 390, identificando las prácticas agrícolas que optimicen la eficiencia y la productividad del sistema agrícola.

6.1.2. Según el alcance de los resultados

Según el alcance de los resultados, el presente estudio se clasifica como aplicada, ya que busca poner en práctica los conocimientos obtenidos para resolver situaciones reales y generar aportes tangibles en el ámbito agrícola. Este tipo de investigación se orienta a la aplicación práctica de teorías, métodos y principios relacionados con la mecanización agrícola, con el fin de evaluar su eficacia en las diferentes etapas del proceso productivo, se pretende comprobar cómo la implementación de distintos aperos de mecanización influye en la eficiencia operativa y en el rendimiento del cultivo de maíz variedad DK 390.

6.1.3. Según el periodo de ocurrencia

La investigación es prospectiva debido a que registrara la información mediante se ejecuta el proceso del estudio del cultivo de maíz.

6.2. Ubicación del estudio

6.2.1. Macro Localización:

La Finca se encuentra en el extremo noreste del municipio de Masaya, casi en el límite con el municipio de Tisma dentro del departamento de Masaya, y muy cerca también del límite con el departamento de Granada, limita al sur con la comunidad La Bolsa, al este con la comunidad Santa Clara, al noroeste con la comunidad Las

Cortezas Ubeda, Pérez, González, Castellón, & Sevilla (2023). (Ver Plano 1, figura 18, Anexo 20).

6.2.2. Micro Localización:

Se enmarca entre las coordenadas geográficas 86º00´09.6" – 85º59´39.2" longitud oeste, 12º00´49.2"- 12º00´31" Latitud norte, y se encuentra a una altura promedio de 61 msnm. (Ver Plano 2, Figura 19, Anexo 21)

6.3. Caracterización de la zona de estudio

Para el levantamiento de las muestras de suelo, inicialmente se contempló la recolección de diez submuestras; sin embargo, debido a la reducida superficie del área experimental, se delimitó previamente el sitio de estudio y se determinó que únicamente se tomarían dos submuestras. Estas fueron distribuidas estratégicamente para obtener una muestra representativa de las condiciones del terreno y minimizar la variabilidad dentro del área evaluada. Las submuestras se extrajeron a una profundidad de 20 cm utilizando una pala, evitando zonas que pudieran alterar los resultados, como bordes, caminos y áreas recientemente fertilizadas.

Posteriormente, todas las submuestras se mezclaron homogéneamente en un cubo, se retiraron piedras y terrones y se tomaron aproximadamente 1 kg de la mezcla, el cual se depositó en una bolsa de polietileno limpia junto con una etiqueta que contenía la información del sitio. Finalmente, la muestra fue llevada al laboratorio para determinar sus características físicas, tales como textura, estructura, densidad aparente, densidad real y capacidad de campo.

- **Propiedades físicas del suelo**
  - **Textura:**

Se determinó a través del método del tacto y posteriormente fue llevada al laboratorio para realizarla mediante el método del hidrómetro de Bouyoucos, con base en la guía de prácticas de Fundamentos del Suelo 2023.

Para determinar la textura del suelo mediante el método del tacto, se humedeció y amasó una muestra de suelo hasta obtener una masa homogénea. Posteriormente,

se formó un rollo para evaluar su plasticidad y, finalmente, se frotó la muestra entre los dedos para identificar su textura según la sensación al tacto.

- **Estructura:**

La prueba de estructura del suelo se realizó extrayendo un terrón intacto a una profundidad de 10 a 20 cm, el cual se observó inicialmente en seco para identificar agregados, poros y su nivel de cohesión; posteriormente, se colocó en agua para evaluar su estabilidad, verificando si mantenía su forma o se deshacía con facilidad; después, se aplicó una presión suave con los dedos para determinar su resistencia y la forma en que se fragmentaba.

- **Densidad Aparente (Da) y Densidad Real (Dr):**

Para el cálculo de la densidad aparente y la densidad real se realizó por medio de la metodología sugerida de la guía del laboratorio de edafología. Guia de prácticas de fundamentos del suelo (2023).

Ecuación 1. Cálculo de Densidad Real.

$$Dr=\frac{D1*D3*PS}{D3*(P1-PP)-D1(P3-PS-PP)}$$

Ecuación 2. Cálculo de la Densidad Aparente.

$$Da * \left(g\ cm^{-3} ó \frac{Mg}{m^{-3}}\right) = \frac{Peso\ de\ los\ sólidos\ de\ la\ muestra\ o\ peso\ seco}{Volumen\ de\ los\ sólidos + Volumen\ de\ los\ poros}$$

- **Capacidad de campo:**

Para calcular la capacidad de campo se saturo el suelo con agua y se dejó drenar para luego ser medida la humedad entre 24 y 48 horas después.

- **Levantamiento topográfico**

Se realizó el levantamiento de los puntos correspondientes a cada una de las áreas de siembra, ubicándose en cada vértice de las parcelas para registrar sus coordenadas mediante un Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Posteriormente, la información obtenida fue procesada en el software Global

Mapper para la generación de las curvas del terreno y, finalmente, exportada a AutoCAD, donde se elaboró el plano correspondiente. Asimismo, se determinaron las curvas de nivel para conocer la dirección en la que se iba a sembrar.

Para el cálculo de la pendiente se utilizó la siguiente formula:

Ecuación 3. Cálculo de la pendiente.

$$Pendiente = \frac{Cota\ mayor - Cota\ menor}{Distancia} \times 100$$

6.4. Establecer el cultivo de maíz variedad DK-390

- **Proceso del Establecimiento**

- **Seccionamiento de las parcelas demostrativas:**

Para determinar el seccionamiento de las parcelas demostrativas para el cultivo de maíz, primero se delimitó el área total de 0.2 ha destinada al cultivo y se dividió en tres secciones uniformes de 1,952 m² cada una, considerando la topografía del terreno, la pendiente y el tipo de suelo para facilitar el manejo y la siembra. Posteriormente, se establecieron los límites de cada parcela utilizando estacas y cordeles para asegurar una distribución ordenada y permitir el acceso de la maquinaria agrícola.

Finalmente, la parcela manual fue de 10.2 m × 62 m, la semi-mecanizado y mecanizada fue de 9.35 m × 62 m respectivamente, lo que permitió un mejor control y aprovechamiento del espacio, facilitando el tránsito de equipos y una adecuada distribución del agua de riego, garantizando así un manejo eficiente del cultivo y un buen desarrollo del maíz.

- **Prueba de germinación:**

Antes de la siembra se realizó la prueba de germinación utilizando una muestra de 100 semillas, las cuales fueron colocadas sobre papel absorbente previamente humedecido. Durante el ensayo, el papel se mantuvo con un nivel adecuado de humedad mediante la aplicación diaria de una cantidad mínima de agua y se controló una temperatura constante entre 25 y 30 °C con ayuda de un termómetro.

Las semillas permanecieron en estas condiciones durante un período de 7 a 10 días, efectuándose revisiones diarias para verificar el mantenimiento de la humedad. Al finalizar la prueba, se contabilizaron las semillas que germinaron satisfactoriamente, considerando como viables aquellas que presentaron un adecuado desarrollo de la radícula y la plúmula.

Finalmente, se calculó el porcentaje de germinación dividiendo el número de semillas germinadas entre el total de semillas evaluadas y multiplicando el resultado por 100. Este proceso permitió determinar la calidad y viabilidad del lote de semillas de maíz antes de su siembra definitiva.

Ecuación 4. Cálculo de porcentaje de germinación.

$$\%\mathrm{G} = \frac{\text{Nº de semillas germinadas}}{\text{Nº total de semillas colocadas}} \times 100$$

- **Cálculo de la Densidad de siembra:**

Para calcular la densidad de siembra del maíz, se dividió el área total del terreno entre el producto de la distancia entre surcos y la distancia entre plantas en el surco. La fórmula fue:

Ecuación 5. Cálculo de la Densidad de siembra.

$$\text{Densidad de siembra} = \frac{\text{Area total}}{\text{Distancia entre surcos} \times \text{Distancia etre plantas}}$$

El golpe de siembra se realizó mediante los diferentes métodos:

a. **Método manual:** Se realizó haciendo hoyos o “golpes” con una coa o espeque, herramienta principal para este método, a una distancia de 0.85 m entre surcos y 0.25 m entre golpes, depositando de 2 semillas por golpe. El tipo de fuerza usada fue la fuerza humana.
b. **Método semi-mecanizado:** Se realizó la siembra utilizando una sembradora de precisión manual WM-20. Se estableció una densidad de siembra de dos semillas por golpe, con una distancia de 0.85 m entre surcos y 0.25 m entre golpes, garantizando una adecuada distribución del cultivo.

c. **Método mecanizado:** Se realizó con un motocultor y una sembradora metálica, ajustando manualmente la separación entre semillas. Este procedimiento permitió establecer una distancia entre surcos de 0.85 m y 0.25m entre golpes, la siembra de dos semillas por golpe o posición, garantizando una distribución uniforme y una adecuada eficiencia en el establecimiento del cultivo en áreas extensas.

- **Labores agrícolas:**

La tabla 2 presenta las labores agrícolas que pretendieron desarrollar el cultivo

Tabla 2. Tabla de las Labores Agrícolas.

Labor	Método 1 Manual	Método 2 Semi mecanizada	Método 3 Mecanizada
Preparación del suelo	Se realizó completamente con tractor utilizando arado de discos, rastra y niveladora.		
Trazado y seccionamiento	Se trazó con surcadora tirada por tractor y se ajustaron manualmente los espacios.		
Siembra	Se efectuó con espeque, colocando 2 semillas por golpe.	Se utilizó sembradora de precisión marca WM-20, colocando 2 semilla por golpe.	Los surcos se hicieron con maquinaria y la siembra se realizó con un motocultor MH 710 colocando 2 semillas por golpe.
Fertilización	Se aplicó de forma manual al lado de la planta.		

Labor	Método 1 Manual	Método 2 Semi mecanizada	Método 3 Mecanizada
Control de malezas	La limpieza de malezas se realizó de forma manual, utilizando únicamente las manos para extraer las especies presentes dentro del cultivo.		
Cosecha	Se realizó con machete o cuchillo, planta por planta.	Fue mixta: parte manual y parte con maquinaria.	Se realizó completamente de forma mecanizada con cosechadora de maíz.

Fuente: Propia.

Para el cálculo de las eficiencias de labores mecanizadas se realizó con las siguientes ecuaciones, según la metodología plasmada por Chávez (2004):

Para la capacidad de trabajo se tomó en cuenta el área entre el tiempo trabajado, según la ecuación 6.

Ecuación 6. Cálculo de Capacidad de trabajo.

$$CTR = \frac{Área\ (ha)}{Tiempo\ (hr)} = ha/hr$$

Para la eficiencia de trabajo se tomará en cuenta la CTR entre la CET por 100 según la ecuación 7.

Ecuación 7. Eficiencia de trabajo.

$$Ef = \frac{CTR}{CET} x100$$

6.5. Análisis del rendimiento del cultivo de maíz variedad DK-390

En este apartado se presentan los principales indicadores de producción obtenidos, con el propósito de valorar la eficiencia del cultivo y comparar los resultados alcanzados en cada método de establecimiento.

- **Determinación de variables de desarrollo**
  - **Altura de la planta (cm):**

Para evaluar la variable altura de planta, se seleccionaron aleatoriamente diez plantas dentro de la parcela útil. La medición se realizó desde la base del tallo, a nivel del suelo, hasta el último nudo del tallo, ubicado próximo a la hoja bandera. Estas mediciones se efectuaron a los siete días después de la siembra, registrando los datos obtenidos para su posterior análisis.

  - **Tallo (mm):**

Se midió en el segundo entrenudo el grosor (diámetro en mm) en las diez plantas seleccionadas al azar, utilizando un vernier.

  - **Hojas:**

Se tomaron todas las hojas completamente formadas de las diez plantas seleccionadas al azar; estas se evaluaron al mismo tiempo que las demás variables.

- **Determinación de variables cosecha**
  - **Cantidad de mazorca:**

Para medir la cantidad de mazorcas de maíz, se seleccionó un área representativa dentro del cultivo (siendo las misma 10 plantas que se le han ido realizando las mediciones), tomando un tramo de aproximadamente diez metros lineales por hilera, evitando zonas con fallas o exceso de plantas.

En ese espacio, se contaron cuidadosamente todas las mazorcas presentes y se registró el número total de plantas, con el propósito de calcular el promedio de mazorcas por planta mediante la división entre el número de mazorcas y el de plantas. Posteriormente, se utilizó este dato para estimar la producción total, multiplicando el promedio de mazorcas por planta por el número de plantas

establecidas por hectárea según la densidad de siembra utilizada. Este procedimiento permitió obtener una estimación confiable del rendimiento del cultivo.

Ecuación 8. Promedio de mazorcas por planta.

$$\text{Promedio de mazorcas por planta} = \frac{\text{Numero total de mazorcas}}{\text{Numero total de plantas}}$$

Ecuación 9. Cantidad total de mazorcas por hectárea.

$$\text{Mazorcas/ha} = \text{Promedio de mazorcas por planta} \times \text{Numero de plantas por hectárea}$$

- **Tamaño mazorca:**

La unidad de medida utilizada para medir el tamaño de la mazorca de maíz fue en cm, se utilizó una cinta métrica o una regla para determinar su longitud y circunferencia. La longitud se midió desde la base hasta la punta, mientras que la circunferencia se midió en el punto más ancho de la mazorca.

- **Cantidad de granos/mazorca:**

Para contar la cantidad de granos por mazorca de maíz, primero se seleccionaron varias mazorcas representativas del cultivo, preferiblemente de tamaño promedio y con buen llenado de grano. Luego, se tomó una mazorca para contar el número de hileras de granos alrededor de toda la mazorca. Después, se contó el número de granos por hilera, desde la base hasta la punta. Una vez obtenidos ambos valores, se aplicaron las siguientes fórmulas:

Ecuación 10. Cantidad de granos/mazorca.

$$\text{Numero de granos por mazorcas} = \text{Numero de hileras} \times \text{Numero de granos por hilera}$$

6.6. Costos de producción de implementos de siembra usados.

- **Costos de Insumos**

Los costos de insumos se obtuvieron mediante cotizaciones, listas de materiales y suministros necesarios que se generaron a partir del proyecto, tomando en cuenta herramientas como las tablas de Excel prediseñadas para llevar los registros.

- **Costos de Mecanización**

Se tomaron en cuenta los costos fijos, como la depreciación, el interés sobre la inversión, los seguros y el resguardo del equipo, así como los costos variables, entre los que se encontraron el costo de la maquinaria, consumo de combustible, lubricantes, mantenimiento, reparaciones, la mano de obra del operador y el costo total por superficie (costos de manzana).

- **Costos de producción**

Los costos de producción se calcularon tomando en cuenta el costo de cosecha, la cual fue semi-mecanizado con el fin de reducir el tiempo de trabajo y el costo del ensacado del producto.

- **Cotos totales**

Los costos totales fueron la sumatoria de los costos de insumos, más los costos de mecanización, más los costos de producción.

Ecuación 11. Cálculo de los costos totales.

$$\text{Costos totales} = \text{Ci} + \text{Cm} + \text{Cp}$$

VII. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se abordarán los resultados de las condiciones de la zona de estudio para el establecimiento del maíz, apoyado en cálculos, tablas y figuras que facilitaron su interpretación, permitiendo que los resultados presentados y discutidos sean de gran utilidad para la comprensión de las condiciones del suelo evaluado.

7.1. Condiciones para el cultivo

Para el establecimiento del cultivo, se delimitó un área de 32 m de ancho por 62 m de largo, lo que corresponde a una superficie total de 1,984 m^2 (0.1984 ha ≈ 0.2 ha), con un tipo de suelo franco arcilloso y pendiente del 3% la cual se calculó tomando la ecuación 3. Ver calculo a continuación.

$$Pendiente = \frac{56 - 54}{62} \times 100 = 3\%$$

7.1.1. Propiedades físicas del suelo

- **Textura:**

Para el análisis de la textura y la determinación del tipo de suelo a trabajar, se realizó un ensayo en laboratorio siguiendo los procedimientos establecidos en la guía de edafología (Figura 7, Anexo 1). Como resultado, se obtuvo un contenido de 31.56 % de arcilla, 29.68 % de arena y 38.76 % de limo (Cálculo 1, Anexo 11) De acuerdo con la clasificación del triángulo textural, el suelo corresponde a una textura franco-arcillosa (Figura 8, Anexo 2).

Lo útil de conocer la textura o la clase textural a la que pertenece un suelo consiste en que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y así ajustar las prácticas de manejo requeridas (labranza, riego y fertilización); también puede utilizarse para evaluar y valorar tierras de acuerdo con su capacidad de uso Cabalceta (1999).

- **Estructura:**

Según la tabla 3, nuestra estructura de suelo es de tipo granular, lo cual resulta favorable para sus propiedades físicas. Este tipo de estructura, según lo señalado por Sánchez (1981), facilita procesos como la aireación, la infiltración del agua y el desarrollo radicular de las plantas, permitiendo un mejor crecimiento y aprovechamiento de los nutrientes.

Tabla 3. Tipos de Estructuras del suelo.

Tipo de estructura	Descripción	Características principales	Horizonte donde es común
Granular	Agregados pequeños, redondeados o ligeramente esféricos.	Alta porosidad, buena aireación, excelente infiltración y desarrollo radicular.	Horizonte A (superficial).
Blocosa (angular y subangular)	Agregados con forma de bloques o poliedros. Pueden presentar aristas marcadas (angular) o redondeadas (subangular).	Infiltración y aireación moderadas; frecuente en suelos con mayor contenido de arcilla.	Horizonte B.
Prismática	Agregados alargados verticalmente con caras planas y parte superior plana.	Drenaje moderado a lento; limita parcialmente el crecimiento de las raíces.	Horizonte B.

Columnar	Similar a la prismática, pero con la parte superior redondeada.	Asociada a suelos sódicos; presenta drenaje deficiente y escasa permeabilidad.	Horizonte B de suelos alcalinos.
Laminar	Agregados en forma de láminas horizontales superpuestas.	Dificulta la infiltración del agua, la aireación y el crecimiento de las raíces.	Horizonte A o E y suelos compactados.
Sin estructura (grano simple o masiva)	El suelo carece de agregados definidos; las partículas están sueltas o forman una masa compacta.	En grano simple el agua infiltra rápidamente; en estructura masiva el drenaje y la aireación son deficientes.	Arenas (grano simple) o subsuelos compactos (masiva). (Edafología UGR)

Fuente: Elaboración propia recopilado de fuentes citadas anteriormente.

- **Densidad Aparente (DA) y Densidad Real (Dr):**

La densidad real del suelo se determinó utilizando el método establecido en la guía del laboratorio de edafología. El valor obtenido fue de 1.9 g/cm³ (Cálculo 2, Anexo 12), el cual se clasifica como bajo. Este resultado se comparó con los valores de referencia presentados en una de la Guía de prácticas de laboratorio de fundamentos del suelo (Figura 9, Figura 10, Anexo 3), donde se indica que densidades reales ≤ 2.40 g/cm³ están asociadas a contenidos muy bajos de materia orgánica. No obstante, el valor registrado se mantiene dentro del rango característico de suelos con predominio de arcillas.

La densidad aparente del suelo se determinó utilizando una muestra correspondiente al suelo en estudio, obteniéndose un valor de 0.70 g/cm³ (Cálculo

3, Anexo 13), respectivamente. Según los criterios establecidos en una tabla de la Guía de laboratorio de fundamentos del suelo (Figura 11, Anexo 4), este resultado se clasifico como muy bajo, al encontrarse por debajo de <1.0 g/cm³. Esta baja densidad aparente se explica por la alta porosidad del suelo, lo que indica una mayor proporción de espacios vacíos entre las partículas sólidas, favoreciendo una estructura suelta, buena aireación y mayor capacidad de retención de agua.

La determinación de la densidad aparente es fundamental para evaluar el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de su estructura y porosidad, variando en función de la acción de agentes externos e internos, como la compactación y la dispersión de las partículas, respectivamente, según Foth (1987).

- **Porosidad:**

La porosidad se determinó utilizando una muestra correspondiente al suelo en estudio, obteniéndose un valor de 63.15% (Cálculo 4, Anexo 14), respectivamente. Según los criterios establecidos en una tabla de la Guía de laboratorio de fundamentos del suelo (Figura 12, Anexo 5), este resultado se encuentra dentro del rango, pero se clasifica >65 por lo que indica que la porosidad en estas muestras es muy alta.

La porosidad total del suelo está influenciada por diversos factores, entre los que destacan las actividades biológicas, especialmente la acción de la mesofauna como insectos y lombrices, según Foth (1985).

- **Humedad in situ:**

La humedad in situ se determinó mediante la toma de una muestra de suelo para evaluar el porcentaje de humedad a capacidad de campo tomada del suelo en estudio, se registró un valor de 23.83% (Cálculo 5, Anexo 15), este resultado se encuentra dentro del rango de 20 % a 30 %, el cual varía según la textura y la estructura del suelo, lo que indica que el suelo presenta una adecuada capacidad de retención de humedad.

- **Capacidad de campo:**

Para evaluar la capacidad de campo del suelo y comprender su comportamiento hídrico, se llevó a cabo un análisis en laboratorio conforme a los criterios establecidos en una tabla de la Guía de laboratorio de fundamentos del suelo (Figura 13, Anexo 6). Los resultados obtenidos indicaron una capacidad de campo de 47.82 % (Cálculo 6, Anexo 16), valor que se considera alto, lo que evidencia una elevada capacidad del suelo para retener humedad. Estas características resultan favorables para el desarrollo de los cultivos, ya que permite una mayor disponibilidad de agua para las plantas.

- **Resumen de resultados del análisis de suelo:**

A continuación, se presenta un resumen de las propiedades fisicoquímicas del suelo evaluadas en el presente estudio, cuyos resultados evidencian que este reúne condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de maíz variedad DK-390. En particular, su condición friable favorece el manejo y laboreo, lo que indica que las herramientas disponibles en la finca son apropiadas para su aprovechamiento.

Asimismo, de acuerdo con la ficha técnica y lo establecido por el INTA en el Manual del Protagonista de Granos Básicos, el cultivo de maíz se adapta a suelos de textura franco, franco-arenosa y arenosa; en este sentido, el suelo identificado como franco arcilloso en el área de estudio se encuentra dentro de un rango de uso aceptable para este cultivo.

Tabla 4. Tabla resumen de las propiedades del suelo.

Tipo de suelo	Textura	Estructura	DA	Dr	Porosidad	Humedad	C.C	M.O	PH
Franco arcilloso	S: 31.56 % C: 29.68 % M: 38.76 %	Granular	0.70 g/cm³	1.9 g/cm³	63.15%	23.83%	47.82%	Baja	6

Fuente: Propia.

La Tabla 4 presenta las principales características físicas y químicas del suelo utilizado en el estudio. De acuerdo con los resultados, el suelo se clasificó como franco arcilloso, con una composición de 31.56 % de arena, 29.68 % de arcilla y 38.76 % de limo, lo que favorece un adecuado equilibrio entre retención de humedad y drenaje. Además, presentó una estructura granular, una densidad aparente de 0.70 g/cm³, una densidad real de 1.9 g/cm³ y una porosidad de 63.15 %, condiciones que facilitan el desarrollo radicular y la circulación de agua y aire. Asimismo, registró un contenido de humedad de 23.83 %, una capacidad de campo de 47.82 %, bajo contenido de materia orgánica y un pH de 6, indicando un suelo ligeramente ácido y apto para el establecimiento del cultivo de maíz.

7.1.2. Levantamiento topográfico:

Para el levantamiento topográfico se delimitó un área específica dentro de la Finca Agrícola Experimental FAE-UNI, ubicada en el municipio de La Bolsa, departamento de Masaya. Las mediciones se realizaron utilizando dos métodos: posicionamiento mediante GPS y medición directa con cinta métrica, determinándose un área total de 1,984 m² con una pendiente de 3%, ver tabla 5.

Tabla 5. Datos topográficos del área de estudio.

Levantamiento topográfico	Pendiente	Clasificación pendiente	Relieve
1,984 m²	3%	Clase A	Plano

Fuente: Propia

Posteriormente, los datos de campo se trabajaron en la herramienta AutoCAD para generar el plano topográfico del área (Plano 3, Figura 20, Anexo 22).

7.2. Establecimiento del cultivo de maíz

7.2.1. Delimitación del área

Para el área de estudio se creó un diseño experimental orientado a la evaluación de distintos sistemas de siembra (al espeque), tracción animal y semi-mecanizado. Asimismo, se habilitaron dos caminos de acceso destinados a la supervisión y manejo del cultivo, cada uno con un ancho de 1 m.

Las áreas efectivas de cultivo asignadas a cada sistema de siembra fueron las siguientes: para la parcela con siembra manual, 10.2 m de ancho por 62 m de largo; mientras que para las parcelas correspondientes a los sistemas semi-mecanizado y mecanizado, se definieron dimensiones de 9.35 m de ancho por 62 m de largo. Ver plano mostrado a continuación.

Finalmente, los planos topográficos y de distribución del área se elaboraron utilizando el software AutoCAD (Plano 4, Figura 21, Anexo 23).

7.2.2. Preparación del terreno

El área previamente delimitada fue acondicionada mediante el uso de un tractor Kubota M820 (véase ficha técnica en Figura 16, Anexo 8).

En una primera fase, se llevó a cabo la eliminación de la cobertura vegetal existente mediante el empleo de una chapodadora, ajustada a una altura de corte de 2–3 cm, con el propósito de limpiar y preparar el terreno, esta actividad se realizó en un tiempo de 10 minutos y en horas 0.17 horas. Ver cálculo mostrado a continuación.

$$CTR_{Chapodadora} = \frac{0.2}{0.17} = 1.18 ha/hr$$

Posteriormente usando la ecuación 7 que tome en cuenta el ancho de trabajo de 1.90 m a una velocidad de 9.11 km/hr tenemos una capacidad especifica de trabajo de 1.73 ha/hr con la cual nos da una eficiencia de 68%. Ver cálculo mostrado a continuación.

$$Ef_{Chapodadora} = \frac{1.18ha/hr}{1.73ha/hr} x100 = 68\%$$

Seguidamente, se realizaron tres pases de grada utilizando un implemento tipo romplona, trabajando a una profundidad aproximada de 6 pulgadas, con discos de 50 cm de diámetro y un ancho de labor de 1.70 m. usando la ecuación 6 plasmada en la metodología nuestro tractor trabajo a una capacidad de 0.8ha/hr. Ver cálculo mostrado a continuación.

$$CTR_{gradeo} = \frac{0.6}{0.75} = 0.8ha/hr$$

Para calcular la eficiencia de esta actividad, usando la ecuación 7, se tomó en cuenta el ancho de trabajo de 1.70 m y trabajando a una velocidad de 7 km/hr tenemos una capacidad especifica de trabajo de 1.19 ha/hr con la cual nos da una eficiencia de 67%. Ver cálculo mostrado a continuación.

$$Ef_{gradeo} = \frac{0.8ha/hr}{1.19ha/hr} x100 = 67\%$$

Estas labores estuvieron orientadas a la remoción y descompactación del suelo, favoreciendo una adecuada aireación y mejorando las condiciones físicas para el establecimiento y desarrollo del cultivo.

En la tabla 6 se muestra el resumen de los cálculos de las labores mecanizadas para la labor de la preparación de suelo, para el caso del implemento de la romplona se refleja 0.6 porque se realizaron tres pases para proporcionar una cama de siembra optima.

Tabla 6. Tabla resumen de las actividades de PPS.

Actividad	Implemento utilizado	Área (Ha)	Tiempo de labor (hr)	Capacidad de trabajo (Ha/hr)	Eficiencia de trabajo (%)
Limpieza del terreno	Chapodadora	0.2	0.17	1.18	68
Roturado	Romplona	0.6	0.75	0.8	67

Fuente: Propia.

- **Instalación del sistema de riego:**

Se instaló un sistema de riego por goteo diseñado bajo criterios técnicos para optimizar la distribución del agua. Las cintas de riego presentan una separación de 0.85 m, con emisores espaciados cada 0.30 m, lo que permite una adecuada cobertura hídrica del cultivo. La fuente de abastecimiento proviene del pozo ubicado en la finca FAE-UNI. La tubería principal, encargada de alimentar las cintas de riego, posee un diámetro de 1 1/2 pulgadas, garantizando un caudal suficiente para la operación del sistema.

El cabezal de riego está constituido por una válvula de retención (check), una válvula de purga (lavado) y una válvula de aire, componentes que aseguran tanto el correcto funcionamiento hidráulico como la facilidad de mantenimiento del sistema.

Las características complementarias del sistema, tales como el tipo de manguera utilizada en el cabezal, el diámetro de la tubería que sale del pozo es de 2 pulgadas, teniendo un caudal de 60 gpm, la tubería reduce a 1 ½ pulgadas para abastecer la parcela. La potencia de la bomba es de 3 hp, la jornada de riego es de 2 horas cada dos días.

7.2.3. Siembra del cultivo

A continuación, se describe el establecimiento del cultivo de maíz, con el propósito de presentar los diferentes métodos de siembra que se abordarán en los apartados siguientes.

- **Método manual:**

Una semana después de la preparación del terreno, se efectuó la siembra del cultivo el 10 de febrero de 2026, iniciando con el método manual. La siembra consistió en la deposición de dos semillas por sitio a intervalos de 25 cm (aproximadamente un pie de distancia), cubriéndose posteriormente de forma manual con el pie. El área establecida bajo este método fue de 632.4 m² (0.063 ha). Se utilizaron 5,952 semillas, con un peso total de 1,845.12 g, lo que corresponde a una densidad de

siembra de 29.29 kg/ha (Cálculo 7, Anexo 17). A una razón de 6 minutos sembrado por surcos.

Los parámetros operativos de esta actividad se reflejan en la tabla 7, y coinciden con los datos realizados en la FAE-UNI.

Tabla 7. Resumen del método manual.

Parámetro	Método Manual
Área Sembrada (Ha)	0.063
Densidad sembrada (Kg/ha)	29.29
Tiempo de labor (hr)	1.2
Capacidad de trabajo de campo (ha/hr)	0.052
Eficiencia de campo (%)	80

Fuente: Propia

- **Método semi-mecanizado:**

La siembra se realizó empleando una sembradora manual de precisión WM-20 (Véase ficha técnica en Figura 17, Anexo 10), previamente calibrada para depositar dos semillas por golpe, con una distancia de 0.25 m entre plantas y 0.85 m entre surcos. El área trabajada fue de 579.7 m² (0.057 ha). Se utilizaron 5,456 semillas, con un peso total de 1,691.36 g, alcanzando una densidad de siembra planificada de 29.66 kg/ha (Cálculo 8, Anexo 18). A una razón de 11.3 minutos sembrado por surcos.

Los parámetros operativos de esta actividad se reflejan en la tabla 8, y coinciden con los datos realizados en la FAE-UNI.

Tabla 8. Resumen del método semi-mecanizado.

Parámetro	Método Semi-Mecanizada
Área Sembrada (Ha)	0.057

Densidad de siembra planificada (Kg/ha)	29.66
Tiempo de labor (hr)	0.20
Capacidad de trabajo de campo (ha/hr)	0.3
Eficiencia de campo (%)	74

Fuente: Propia

- **Método mecanizado:**

Para este método, la siembra se efectuó utilizando un motocultor (Véase ficha técnica en Figura 16, Anexo 9), manteniendo una distribución de dos semillas cada 0.25 m entre plantas y 0.85 m entre surcos. El área establecida fue de 579.7 m² (0.057 ha). Se emplearon 5,456 semillas, con un peso total de 1,691.36 g, lo que equivale a una densidad de siembra planificada de 29.66 kg/ha (Cálculo 9, Anexo 19). A una razón de 10.8 minutos sembrado por surcos.

Los parámetros operativos de esta actividad se reflejan en la tabla 9, y coinciden con los datos realizados en la FAE-UNI.

Tabla 9. Resumen del método mecanizado.

Parámetro	Método Mecanizada
Área Sembrada (Ha)	0.057
Densidad de siembra planificada (Kg/ha)	29.66
Tiempo de labor (hr)	0.18
Capacidad de trabajo de campo (ha/hr)	0.3
Eficiencia de campo (%)	76

Fuente: Propia

7.2.4. Labores culturales

En la Tabla 10 se reflejan las labores culturas a lo largo del ciclo del cultivo de maíz variedad DK 390 en la finca agrícola FAE-UNI.

Tabla 10. Ficha Técnica Operativa de Manejo Agronómico del cultivo de maíz variedad DK 390 (Año2026).

Actividad	Materiales y Equipos	DAS[1]	DDS[2]	Observaciones
Tipo se semilla	Semilla Hibrida DK-390.	-	-	El maíz DK 390 de DEKALB es un híbrido blanco, semi-cristalino/dentado de alto rendimiento.
Limpieza del terreno	Tractor Kubota M820 y chapodadora.	7 días	-	Eliminación de la cobertura vegetal con una altura de corte de 2-3 cm, esta se realizó en 0.17 horas.
Preparación de suelo (Gradeo)	Tractor Kubota M820 e implemento como Romplona (grada).	7 días	-	Se realizaron tres pases de grada a una profundidad de 6 pulgadas para proporcionar una cama de siembra óptima.
Instalación de sistema de riego	Cintas de riego de 0.85, tubería de 1 1/2, bomba de 3hp y un pozo ubicado en la FAE-UNI.	-	1-2 días	Sistema de riego por goteo con emisores de 0.30 m, con una jornada de riego de 2 horas cada dos días.
Siembra del cultivo	Espeque (manual), sembradora WM-20 (semi-mecanizado), Motocultor (mecanizado).	0	0	Se realizó el 10 de febrero de 2026. 2 semillas por golpe a 0.25 m entre plantas y 0.85 m entre surcos.

[1] Días antes de la siembra
[2] Días después de la siembra

Actividad	Materiales y Equipos	DAS[1]	DDS[2]	Observaciones
Fumigación (1ra aplicación)	Insecticida Triazofos 20 EC y una bomba de 20 litros.	-	7 días	La aplicación fue el 17 de febrero de 2026 para un control preventivo de plagas iniciales.
Fumigación (2da aplicación)	Insecticida Triazofos 20 EC y una bomba de 20 litros.	-	14 días	La aplicación fue el 04 de marzo de 2026 para un control preventivo de plagas iniciales.
Fumigación (3ra aplicación)	Insecticida C*oragen* 20 SC y bomba de 20 litros	-	20 días	La aplicación fue el 24 de marzo de 2026 para un control de larvas de lepidópteros (orugas).
Fertilización	Fertilizante granulado (aplicación manual).	-	Durante todo el ciclo	Aplicada al fondo del golpe o al lado de la planta de forma manual.
Control de malezas	Azadón (manual), herbicidas (semi-mecanizado y mecanizado).	-	Durante todo el ciclo	Deshierba manual y aplicación mecanizada con bomba de 20 litros, esto según con el nivel de tecnificación.
Herbicida	Herbicida Rafaga 20 SL Paraquat y bomba de 20 litros	-	92 días	El 13 de mayo de 2026 se realizó la aplicación del herbicida Paraquat con el propósito de eliminar los tejidos vegetales presentes en el cultivo.

Actividad	Materiales y Equipos	DAS[1]	DDS[2]	Observaciones
Cosecha	Machete/cuchillo (manual), cosechadora de maíz (mecanizada).	-	Final del ciclo	Recolección planta por planta en el método manual o totalmente mecanizada según la parcela.

Fuente: Propia.

7.3. Rendimiento productivo del cultivo

A continuación, se describirán las variables de desarrollo del cultivo de maíz variedad DK390, las cuales permiten evaluar el crecimiento y comportamiento fisiológico de la planta durante sus diferentes etapas fenológicas.

7.3.1. Variables de desarrollo

Las mediciones realizadas se efectuaron en cada semana del desarrollo vegetativo del cultivo de maíz por método de siembra establecido (Ver Tabla 57, Anexo 24) de las mediciones en campo. Seguidamente se ordenaron los datos tomando en cuenta las etapas fenológicas (Ver Tabla 58, Anexo 25).

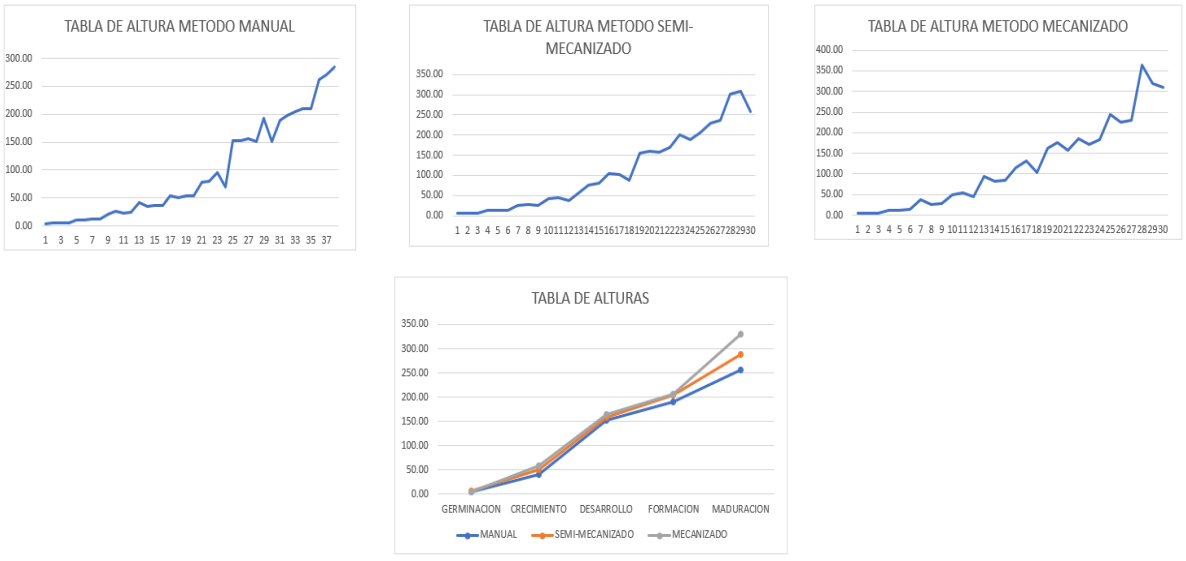
La altura de las plantas se evaluó en cada una de las etapas fenológicas descritas en el Manual de Granos Básicos del INTA. Para ello, se elaboró una tabla resumen con los valores máximos y mínimos registrados en cada fase de desarrollo (véase Tabla 58, Anexo 26). Durante la etapa I (germinación), la altura de las plantas osciló entre 4 y 7 cm. En la etapa II (crecimiento visible hasta el cuello de la octava hoja), se registraron alturas comprendidas entre 10 y 104 cm. En la etapa III (desarrollo vegetativo), las plantas alcanzaron alturas entre 150.50 y 158 cm. Posteriormente, en la etapa IV (formación y llenado de granos), la altura varió entre 193 y 237 cm. Finalmente, en la etapa V (maduración), se observaron alturas desde 210 cm hasta un máximo de 363 cm. Los datos detallados pueden consultarse en la (Tabla 59, Anexo 26).

- **Variable de medición de altura:**

De acuerdo con los datos presentados en la (Tabla 59, Anexo 26), se observó que durante la etapa de germinación el método que registró la mayor altura de planta fue el semi-mecanizado, alcanzando una altura de 7 cm. En la etapa de crecimiento, el método mecanizado mostró un mejor desempeño, con una altura máxima de 131 cm. De igual manera, en la etapa de desarrollo, el método mecanizado continuó predominando al registrar una altura de 175 cm. Durante la fase de formación y llenado de granos, este mismo método alcanzó una altura de 245 cm, manteniendo su superioridad respecto a los demás tratamientos. Finalmente, en la etapa de maduración, el método mecanizado presentó la mayor altura de planta, registrando un valor de 363 cm. Estos resultados evidencian que, a excepción de la etapa de germinación, el método mecanizado fue el que favoreció un mayor crecimiento en altura del cultivo de maíz a lo largo de su ciclo fenológico.

Las siguientes gráficas muestran el comportamiento de la altura de las plantas de maíz durante las distintas etapas de desarrollo. Los resultados permiten comparar el crecimiento del cultivo bajo los métodos manual, semi-mecanizado y mecanizado.

Figura 1. Resumen de graficas del comportamiento de la Altura.



Fuente: Propia.

- **Variable de grosor del tallo:**

En la (Tabla 60, Anexo 27) se presentan los resultados de la variable grosor de tallo, expresada en milímetros (mm), durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo. En la etapa de crecimiento, el método mecanizado registró el mayor grosor de tallo, con un valor de 14.10 mm. De igual manera, en la etapa de desarrollo, este método presentó la mayor medición, alcanzando 16.18 mm. Durante la fase de formación y llenado de granos, el método semi-mecanizado obtuvo el valor más alto, con un grosor de tallo de 20.25 mm. Finalmente, en la etapa de maduración, el método manual registró la mayor medición, alcanzando un grosor de tallo de 34.12 mm.

Las gráficas siguientes presentan los valores obtenidos para el grosor del tallo en las distintas etapas de desarrollo del cultivo. Esta información permite evaluar las diferencias en el vigor y crecimiento de las plantas bajo los métodos manual, semi-mecanizado y mecanizado.

Figura 2. Resumen de graficas del comportamiento del grosor del tallo.



Fuente: Propia.

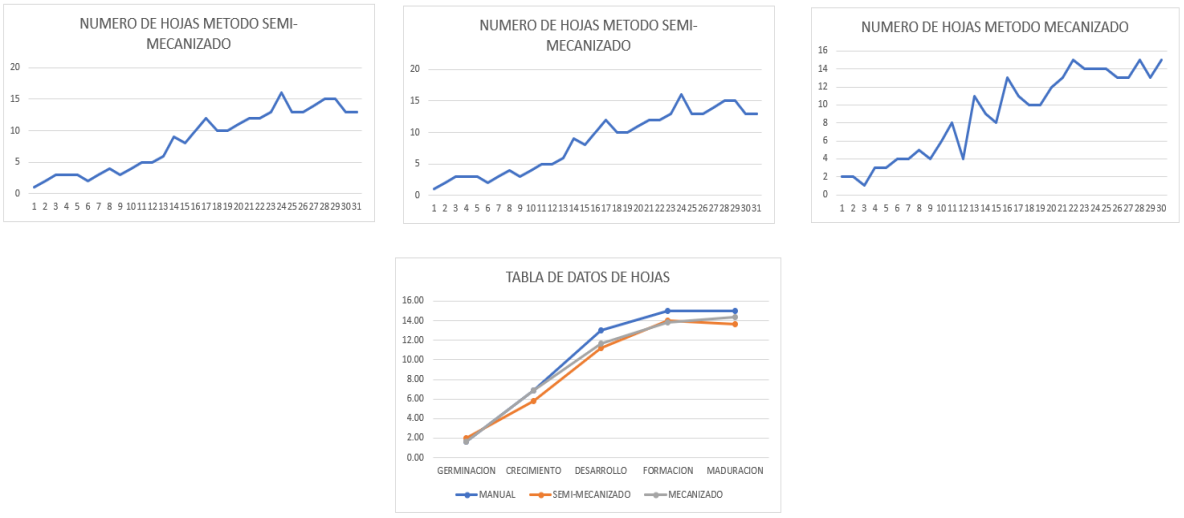
- **Variable de numero de hojas:**

En la (Tabla 61, Anexo 28) se presentan los resultados correspondientes a la variable número de hojas durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo. En la etapa de germinación, el método semi-mecanizado registró la mayor cantidad de

hojas, alcanzando un total de 3 hojas. Durante la etapa de crecimiento, los métodos manual y mecanizado presentaron los valores más altos, con 13 hojas cada uno. En la fase de formación y llenado de granos, los tres métodos evaluados (manual, semi-mecanizado y mecanizado) alcanzaron un total de 15 hojas. De igual manera, en la etapa de maduración, los tres métodos mantuvieron esta misma cantidad, registrando 15 hojas por planta.

Las siguientes gráficas muestran los resultados correspondientes al número de hojas desarrolladas por las plantas de maíz durante las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Esta variable permite evaluar el crecimiento vegetativo y comparar la respuesta del cultivo bajo los métodos de manejo manual, semi-mecanizado y mecanizado.

Figura 3. Resumen de graficas del comportamiento del No. De Hojas.



Fuente: Propia.

7.3.2. Cosecha

- **Cantidad de plantas de surco por método y total**

En la Tabla 11 se presentan los resultados del número total de plantas obtenidas mediante los diferentes métodos de establecimiento evaluados. El método manual registró una producción de 3,744 plantas, mientras que el método semi-mecanizado

alcanzó 4,037 plantas. Por su parte, el método mecanizado obtuvo la mayor cantidad, con un total de 4,169 plantas. En conjunto, los tres métodos generaron una producción acumulada de 11,950 plantas, evidenciando un mayor rendimiento del sistema mecanizado en comparación con los demás métodos evaluados.

Tabla 11. Cantidad de plantas por surco por método.

Manual	Semi-mecanizado	Mecanizado	Total
3744	4037	4169	11950

Fuente: Propia.

- **Cantidad de mazorca por planta por surco por método**

Se presentan los resultados correspondientes al número de mazorcas obtenidas por surco mediante los diferentes métodos evaluados. El método manual registró un total de 312 mazorcas por surco, mientras que el método semi-mecanizado alcanzó 367 mazorcas por surco. Por su parte, el método mecanizado obtuvo la mayor producción, con 379 mazorcas por surco. En conjunto, los tres métodos generaron un total de 1,058 mazorcas, evidenciando un mejor desempeño del método mecanizado en comparación con los demás sistemas de manejo evaluados.

- **Método manual:**

$$\#\ de\ mazorcas = 312\ plantas\ x\ 1\frac{mazorca}{planta} = 312\ mazorcas/surco\ (promedio)$$

- **Método semi-mecanizado:**

$$\#\ de\ mazorcas = 367\ plantas\ x\ 1\frac{mazorca}{planta} = 367\ mazorcas/surco\ (maximo)$$

- **Método mecanizado:**

$$\#\ de\ mazorcas = 379\ plantas\ x\ 1\frac{mazorca}{planta} = 379\ mazorcas/surco\ (maximo$$

- **Cantidad de granos por mazorca por surco por método**

  - **Método manual**

En la tabla 12 se observa que la mazorca número 14 del muestreo registro la mayor cantidad de granos, con un total de 672 unidades, mientras que la mazorca número 1 presento la menor cantidad, alcanzando 256 granos. Estos resultados presentan una variabilidad en el número de granos entre las mazorcas es por eso por lo que se realizó un promedio del número de granos de las mazorcas.

Tabla 12. Cantidad de granos por mazorca por surco por método (método manual).

# mazorca	Filas	Hileras	Cantidad de granos
1	8	32	256
2	8	35	280
3	10	34	340
4	9	35	315
5	10	31	310
6	12	38	456
7	9	33	297
8	13	35	455
9	16	33	528
10	11	31	341
11	11	31	341
12	12	35	420
13	14	34	476
14	16	42	672
15	11	36	396
Promedio de cantidad de granos por mazorca por método manual			**392**

Fuente: Propia.

Figura 4. Demostración de parcela método manual.



Fuente: Propia.

- **Método semi-mecanizado**

En la tabla 13 se observa que la mazorca número 11 del muestreo registro la mayor cantidad de granos, con un total de 616 unidades, mientras que la mazorca número 12 presento la menor cantidad, alcanzando 248 granos. Al igual que en el método manual se realizó un promedio del número de granos por mazorca, el análisis mostro un valor inferior, lo que indica una menor producción con respecto a los resultados obtenidos en el método manual.

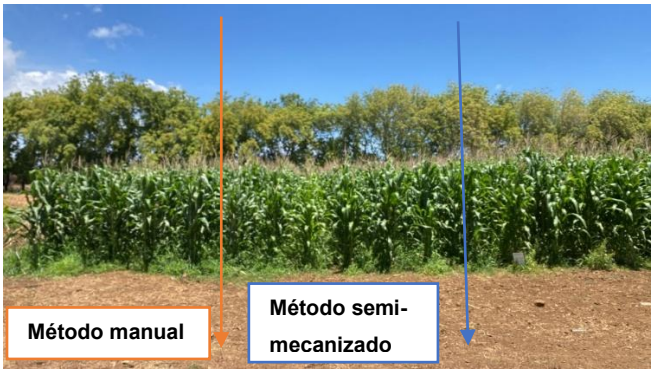
Tabla 13. Cantidad de granos por mazorca por surco por método (método semi-mecanizado).

# mazorca	Filas	Hileras	Cantidad de granos
1	11	31	341
2	11	37	407
3	9	38	342
4	13	34	442
5	14	32	448
6	11	32	352
7	12	32	384
8	12	36	432
9	10	28	280

10	10	39	390
11	14	44	616
12	8	31	248
13	9	35	315
14	13	33	429
15	13	33	429
Promedio de cantidad de granos por mazorca por método semi-mecanizado			**390**

Fuente: Propia.

Figura 5. Demostración de parcela método semi-mecanizado.



Fuente: Propia.

- **Método mecanizado**

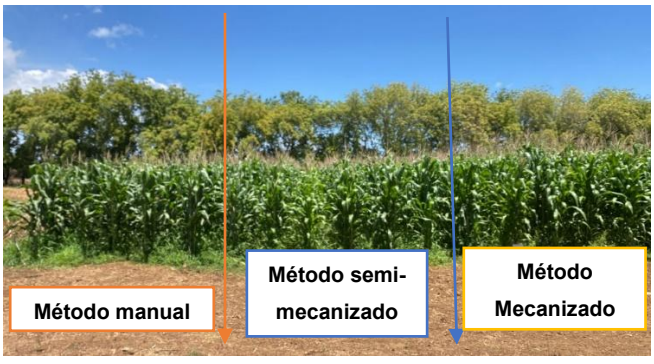
En la tabla 14 se observa que la mazorca número 1 del muestreo registro la mayor cantidad de granos, con un total de 585 unidades, mientras que la mazorca número 14 presento la menor cantidad, alcanzando 333 granos. Al igual que en los dos métodos anteriores se realizó un promedio del número de granos por mazorca, el análisis mostro un valor superior, lo que indica una mayor producción con respecto a los resultados obtenidos en los dos métodos anteriores.

Tabla 14. Cantidad de granos por mazorca por surco por método (método mecanizado).

# mazorca	Filas	Hileras	Cantidad de granos
1	15	39	585
2	15	32	416
3	14	37	518
4	15	34	510
5	11	32	352
6	13	31	403
7	13	38	494
8	11	42	462
9	9	39	351
10	13	33	429
11	10	39	390
12	11	38	418
13	14	28	392
14	9	37	333
15	11	36	396
Promedio de cantidad de granos por mazorca por método mecanizado			**430**

Fuente: Propia.

Figura 6. Demostración de parcela método mecanizado.



Fuente: Propia.

La diferencia en el número de granos en una mazorca de maíz se da por diferentes factores tales como perdida de granos por deficiencia nutrientes que no se encuentran fijados en el suelo también puede deberse a factores climáticos o específicos de la zona como encharcamiento o que algunas plantas se encuentran bajo algún tipo de sombra.

- **Producción proyección proyectada por método**

Considerando la densidad de siembra establecida en la parcela experimental, se estimó un requerimiento de semilla de 4 libras para el método manual, mientras que para los métodos semi-mecanizado y mecanizado se determinó una cantidad de 3.6 libras de semilla. Con base en estos valores, se proyectó un rendimiento de 8.2 quintales para el método manual, 7.5 quintales para el método semi-mecanizado y 8.3 quintales para el método mecanizado.

- **Producción real por método**

En este acápite se harán los cálculos de las proyecciones reales obtenidas por método, se tomaron tres valores de referencia que son el rendimiento máximo, mínimos y promedio. A continuación, se muestran los resultados calculados a partir del valor máximo obtenido.

En la tabla 15 se presentan los datos correspondientes a cada método, con el fin de comparar su comportamiento productivo y establecer las diferencias existentes entre ellos.

- **Producción real con valores máximos**

Tabla 15. Cantidad de granos por mazorca (máximo).

Cantidad de granos por mazorca (máximo)		
Manual	**Semi-mecanizado**	**Mecanizado**
672	616	585

Fuente: Propia.

- **Cálculo de kilogramos de maíz por método**

- **Manual:**

$$\frac{672 granos}{3} = 224\ gr/mazorca$$

$$224 \times 3.744 = 838.6 = 0.83\ toneladas$$

$$0.8\ ton = 830\ kilogramos$$

$$800\ kg = 8\ quintales$$

Tabla 16. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.83	830	8.3

Fuente: Propia.

- **Semi-mecanizado:**

$$\frac{616 granos}{3} = 205.3\ gr/mazorca$$

$$205.3 \times 4.037 = 828.9 = 0.82\ toneladas$$

Tabla 17. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.82	820	8.2

Fuente: Propia.

- **Mecanizado:**

$$\frac{585 granos}{3} = 195\ gr/mazorca$$

$195 \times 4.169 = 812.9 = 0.81\ toneladas$

Tabla 18. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.81	810	8.1

Fuente: Propia.

A continuación, se presentan la suma de los resultados obtenidos para cada método presentados en quintales.

Tabla 19. Resumen de los valores máximos para los tres métodos.

Métodos	Quintales
Manual	8.3
Semi-mecanizado	8.2
Mecanizado	8.1
Total (qq)	24.6

Fuente: Propia.

- **Producción real con valores promedio**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada método de producción, permitiendo comparar su desempeño y determinar cuál generó los mayores rendimientos en el cultivo.

Tabla 20. Cantidad de granos por mazorca (promedio).

Cantidad de granos por mazorca (promedio)		
Manual	**Semi-mecanizado**	**Mecanizado**
392	390	430

Fuente: Propia.

- **Manual:**

$$\frac{392 granos}{3} = 130.6\ gr/mazorca$$

$$130.6 \times 3.744 = 486.7 = 0.489\ toneladas$$

$$0.48\ ton = 489\ kilogramos$$

$$486\ kg = 4.8\ quintales$$

Tabla 21. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.486	486	4.8

Fuente: Propia.

- **Semi-mecanizado:**

$$\frac{390 granos}{3} = 130\ gr/mazorca$$

$$130 \times 4.037 = 524.8 = 0.524\ toneladas$$

$$0.524\ ton = 524\ kilogramos$$

$$524\ kg = 5.2 quintales$$

Tabla 22. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.524	524	5.2

Fuente: Propia.

- **Mecanizado:**

$$\frac{430 granos}{3} = 143\ gr/mazorca$$

$$143 \times 4.169 = 596.1 = 0.596\ toneladas$$

$$0.596\ ton = 596\ kilogramos$$

$$596\ kg = 5.9\ quintales$$

Tabla 23. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.596	596	5.9

Fuente: Propia.

A continuación, se presentan la suma de los resultados obtenidos para cada método presentados en quintales.

Tabla 24. Resumen de los valores promedios para los tres métodos.

Métodos	Quintales
Manual	4.8
Semi-mecanizado	5.2
Mecanizado	5.9
Total (qq)	15.9

Fuente: Propia.

- **Producción real por método minina.**

A continuación, se presentan los valores mínimos obtenidos, los cuales facilitan el análisis de la variabilidad productiva y el comportamiento de cada método bajo las condiciones del estudio.

Tabla 25. Cantidad de granos por mazorca (mínima).

Cantidad de granos por mazorca (mínima)		
Manual	**Semi-mecanizado**	**Mecanizado**
256	248	333

Fuente: Propia.

- **Manual:**

$$\frac{256\ granos}{3} = 85.3\ gr/mazorca$$

$$85.3 \times 3.744 = 319.3 = 0.319\ toneladas$$

$$0.319\ ton = 319\ kilogramos$$

$$319\ kg = 3.1\ quintales$$

Tabla 26. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.319	319	3.1

Fuente: Propia.

- **Semi-mecanizado:**

$$\frac{248\ granos}{3} = 82.6\ gr/mazorca$$

$$82.6 \times 4.037 = 333.4 = 0.333\ toneladas$$

$$0.333\ ton = 333\ kilogramos$$

$$333\ kg = 3.3\ quintales$$

Tabla 27. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.333	333	3.3

Fuente: Propia.

- **Mecanizado:**

$$\frac{333\ granos}{3} = 111\ gr/mazorca$$

$$111 \times 4.169 = 111\ = 0.111\ toneladas$$

$$0.111\ ton = 111\ kilogramos$$

$$111 = 1.1\ quintales$$

Tabla 28. Comparación de pesaje.

Toneladas	Kilogramos	Quintales
0.111	111	1.1

Fuente: Propia.

A continuación, se presentan la suma de los resultados obtenidos para cada método presentados en quintales.

Tabla 29. Resumen de los valores mínimos para los tres métodos.

Método	Quintales
Manual	3.1
Semi-mecanizado	3.3
Mecanizado	1.1
Total (qq)	7.5

Fuente: Propia.

En la tabla 30 se refleja que los datos obtenidos para cada método, la producción real alcanzada en la parcela de 0.2 ha fue de 15.8 quintales, valor que presenta una estrecha relación con la producción estimada mediante el cálculo del promedio de rendimiento, la cual fue de 15.9 quintales.

Tabla 30. Tabla Resumen.

Máximo	Promedio	Mínimo
24.6	15.9	7.5

Fuente: Propia.

Por otra parte, las proyecciones realizadas con los valores máximos reflejaron un potencial productivo de hasta 24.6 quintales. Sin embargo, diversos factores limitaron el rendimiento alcanzado, entre ellos la presencia de áreas con sombra dentro de la parcela y posibles deficiencias en la disponibilidad de fertilizantes, condiciones que pudieron influir negativamente en el desarrollo y productividad del cultivo.

7.3.3. Comparativo de variables agronómicas y de producción

A continuación, se presenta la tabla 31 en donde esta hace énfasis para la recomendación del método más adecuado para la producción de maíz.

Tabla 31. Variables agronómicas y de producción.

METODO MANUAL		METODO SEMI-MECANIZADO		METODO MECANIZADO	
ALTURA DE PLANTA (CM)		ALTURA DE LA PLANTA (CM)		ALTURA DE LA PLANTA	
1	262.00	1	301.00	1	363.00
2	270.00	2	308.00	2	319.00
3	285.00	3	257.50	3	310.00
GROSOR DEL TALLO (MM)		GROSOR DEL TALLO		GROSOR DEL TALLO	
1	24.11	1	22.50	1	27.89
2	26.96	2	22.03	2	20.45
3	27.94	3	23.00	3	19.66
NUMERO DE HOJAS		NUMERO DE HOJAS		NUMERO DE HOJAS	
1	13	1	15	1	15
2	12	2	15	2	13
3	15	3	13	3	15

METODO MANUAL		METODO SEMI-MECANIZADO		METODO MECANIZADO	
# DE HILERAS EN MAZORCA		# DE HILERAS EN MAZORCA		# DE HILERAS EN MAZORCA	
1	10	1	14	1	15.00
2	12	2	11	2	15.00
3	9	3	12	3	14.00
4	13	4	12	4	15.00
5	16	5	10	5	11.00
GROSOR DE LA MAZORCA (MM)		GROSOR DE LA MAZORCA (MM)		GROSOR DE LA MAZORCA (MM)	
1	44.97	1	48.52	1	50.23
2	42.65	2	48.87	2	47.34
3	49.72	3	49.21	3	53.70
4	49.15	4	48.75	4	53.32
5	47.68	5	46.97	5	50.29
NUMERO DE GRANOS		NUMERO DE GRANOS		NUMERO DE GRANOS (MM)	
1	256.00	1	341.00	1	585.00
2	280.00	2	407.00	2	416.00
3	340.00	3	342.00	3	518.00
4	315.00	4	442.00	4	510.00
5	310.00	5	448.00	5	352.00
PESO DE MAZORCA (GRS)		PESO DE MAZORCA (GRS)		PESO DE MAZORCA (GRS)	
1	156.00	1	200.00	1	233.00
2	142.00	2	247.00	2	187.00
3	243.00	3	222.00	3	310.00
4	240.00	4	224.00	4	260.00
5	196.00	5	170.00	5	216.00

Fuente: Propia.

La tabla 31 muestra que el color verde cumple con la ficha técnica y el color rojo es que no cumple con lo estandarizado en la ficha técnica. (Ver Figura 15, Anexo 7). Por otra parte, se presenta la comparación de los tres métodos de siembra de maíz (manual, semi-mecanizado y mecanizado) a partir de diferentes variables agronómicas evaluadas en plantas y mazorcas.

En cuanto a la altura de la planta, el método manual alcanzo valores de 262.00 y 285.00 cm, un promedio de 272.33 cm. El método semi-mecanizado registró 301.00, 308.00 y 357.50 cm, obteniendo un promedio de 322.17 cm, mientras que el mecanizado presentó 363.00, 319.00 y 310.00 cm, con un promedio de 330.67 cm, siendo este el mayor crecimiento de las plantas.

Respecto al grosor del tallo, el método manual presentó un promedio de 26.34 mm, con valores entre 24.11 y 27.94 mm. El método semi-mecanizado obtuvo un promedio de 22.51 mm, siendo el menor entre los tratamientos, mientras que el mecanizado registró un promedio de 22.67 mm, con valores entre 19.66 y 27.89 mm.

En la variable número de hojas, el método manual presento un promedio de 13.33 hojas por planta, mientras que tanto el semi-mecanizado como el mecanizado alcanzaron un promedio de 14.33 hojas, evidenciando un desarrollo foliar ligeramente superior en estos dos métodos.

Para el número de hileras por mazorca, el método manual obtuvo un promedio de 12 hileras, el semi-mecanizado 11.8 hileras, y el mecanizado 14 hileras, siendo este último el tratamiento que produjo mazorcas con mayor número de hileras.

En relación con el grosor de la mazorca, el metodo manual registró un promedio de 46.85 mm, el semi-mecanizado 48.46 mm, mientras que el mecanizado alcanzó el mayor promedio con 50.98 mm, indicando una mejor conformación física de las mazorcas bajo este sistema de siembra.

El número de granos de mazorca mostró diferencias marcadas entre tratamientos. El metodo manual obtuvo un promedio de 300.20 granos, el semi-mecanizado 428.00 granos, y el mecanizado 516.20 granos, reflejando un incremento

considerable en la capacidad productiva conforme aumenta el nivel de mecanización.

Finalmente, el peso de la mazorca también favoreció al método mecanizado, con un promedio de 241.20 g, seguido por el semi-mecanizado con 220.60 g y el manual con 195.40 g. Estos resultados indican que la siembra mecanizada permitió obtener mazorcas de mayor tamaño y peso.

En conjunto, los datos evidencian que el método mecanizado fue el que presentó el mejor desempeño agronómico y productivo, destacándose por alcanzar la mayor altura de planta, el mayor número de hileras y granos por mazorca, el mayor grosor mazorca y el mayor peso de las mazorcas. El método semi-mecanizado mostró un comportamiento intermedio con resultados superiores al manual en la mayoría de las variables, mientras que el método manual registró los valores más bajos, especialmente en las variables directamente relacionadas con el rendimiento del cultivo.

7.4. Costos de producción

Los costos de producción representan la inversión requerida para el establecimiento, manejo y cosecha del cultivo bajo cada método evaluado. A continuación, se presentan los costos generados durante el proceso productivo.

- **Preparación de terreno**

La preparación del terreno se realizó con el tractor Kubota ME8200, utilizando 7 galones de Diesel el cual se compró a un precio de C$ 164.2 por galón.

Tabla 32. Costos de preparación de terreno.

Producto	Cantidad (Galones)	Precio (C$)	Total (C$)
Diesel	7	164.2	1,149.40

Fuente: Propia.

A este egreso se le suma el costo de transporte de 600 córdobas teniendo un total de C$1,749.40 para ejecutar la labor de preparación de terreno, alcanzando un rendimiento de 0.0286 ha/gal.

- **Rendimiento en galones**

En la tabla 33 se ve reflejado el cálculo del rendimiento del tractor con el que se trabajó Kubota ME 8200 tomando en cuenta la cantidad de galones que se utilizó, las labores que se realizaron y los tiempos para cada labor.

Tabla 33. Rendimiento en galones y tiempo de labor.

Labores	Chapoda, romplona (preparación de terreno)
Cantidad de combustible	7 galones
	Tiempo de cada labor
Chapoda	15 (min)
Romplona	45 (min)
Área	0.2 (ha)

Fuente: Propia.

- **Consumo de combustible por hectárea.**

$$consumo = \frac{7\ gal}{0.2\ ha} 35\ gal/ha$$

$$consumo = 35\ Galones\ por\ hectarea$$

- **Rendimiento de la máquina.**

$$rendimiento = \frac{0.2\ ha}{7\ gal} = 0.0286\ ha/gal$$

$$Rendimiento\ =\ 0.0286\ hectáreas\ por\ galón.$$

Se estimó un rendimiento operativo del tractor Kubota ME 8200 de 0.0286 ha por galón de diésel consumido, lo que indica que la maquina es capaz de cubrir aproximadamente 286 m^2 por cada galón de combustible utilizado durante las labores de campo. Esto permite evaluar la eficiencia del consumo de combustible en relación con el área trabajada, constituyendo parámetros para el análisis de costos operativos y planificación de actividades agrícola.

- **Consumo (litros/hora) =** potencia * consumo especifico * grado de esfuerzo

Tabla 34. Datos recopilados.

Hp del tractor	80
Grado de esfuerzo	25%
Valor de un litro de diésel	C$ 43.43
Consumo de combustible para motores diésel	0,22 lt/hp/hr

Fuente: Propia.

$consumo = 80hp * 0{,}22 * 0.25 = 4.4\ lts/hrs$

$Costo = 4.4\ lts/hrs\ * 43.43\ C\$/lts = 191\ C\$/hrs$

- **Accesorios de riego**

Para la instalación del sistema de riego se hizo un ajuste en los accesorios de las candelas adecuándolo al marco de siembra que se necesita para el cultivo de maíz (cada 0.85m). Los accesorios para utilizar fueron:

Tabla 35. Costos de accesorios de riego.

Producto	Unidad	Precio (C$)	Total (C$)
Groomet 16mm tipo T	35	4.78	167.30
Conector inicial PVC x 16mm	35	10	350
Conector dentado 16mm x cinta	35	13.91	486.96
IVA (15%)			150.6
Total (C$)			1,155

Fuente: Propia.

- **Compra de semilla**

La compra de la semilla se realizó en la empresa distribuidora de insumos agrícola Agroservicios Agrocultivos Masaya. Cada bolsa contenía 5,000 semillas a un costo de C$870.

Tabla 36. Costos de semillas.

Producto	Cantidad (Bolsa)	Precio (C$)	Total (C$)
Semilla DK-390	4	870	3,480

Fuente: Propia.

- **Fumigación**

Para el control de plagas se aplicó insecticida TRIAZOPHOS 20 EC para evitar que el cultivo se contaminara de plagas como gusano cogollero *(**Helicoverpa armígera**),* gusano trozador *(**Agrotis ípsilon**)*, los trips *(**Thysanoptera**),* y la gallina ciega *(**Systellura longirostris**).*

La compra del insecticida se hizo en FORMUNICA teniendo un valor de C$500.

- **Fertilización.**

En cada método se aplicaron distintas cantidades de fertilizante, debido a las variaciones en el número de plantas promedio establecidas para cada método.

La compra del fertilizante se realizó en Agroservicio Agrocultivo Masaya teniendo un valor de C$1,490. Sin embargo, el total de libras realmente aplicadas a todo el cultivo fue de 97.5 lbs a un costo real de C$1,452.75.

Tabla 37. Costos de fertilizante.

Método	Cantidad (lbs)	Precio (C$)	Total (C$)
Manual	30.5	454.45	1,452.75
Semi-mecanizado	33	491.7	
Mecanizado	34	506.6	

Fuente: Propia.

- **Segunda fertilización. (Primera aplicación de urea)**

Para la segunda fertilización se compró el fertilizante Urea 46% N. A un precio de C$ 1,650 en Agroservicios Agrocultivos Masaya. Aplicando 80 libras para toda la parcela. Las otras 20 libras restantes se aplicaron la siguiente semana al método manual, ya que las plantas en este método presentaban un bajo desarrollo de crecimiento, las cuales fueron dividida en:

Tabla 38. Costos de fertilizante.

Método	Cantidad (lbs)	Precio (C$)	Total (C$)
Manual	45	742.5	1,650
Semi-mecanizado	27	445.5	
Mecanizado	28	462	

Fuente: Propia.

- **Segunda aplicación de urea.**

Para la tercera fertilización (segunda fertilización con urea) se aplicó un quintal de Urea al 46% N. A un precio de C$1,870.

Tabla 39. Costos de fertilizante.

Método	Cantidad (lbs)	Precio (C$)	Total (C$)
Manual	29	542.3	1834.28
Semi-mecanizado	34	635.8	
Mecanizado	35.09	656.18	

Fuente: Propia.

- **Segunda fumigación. (Coragen 20 sc 15 ml)**

Se aplicaron 2 bombadas de insecticida Coragen cada una con 5 ml del producto diluido en la bomba de 20 litros esto para controlar la plaga de gusano cogollero *(**Helicoverpa armígera**)* ya que el cultivo empezaba a presentar afectaciones en las hojas por dicha plaga.

El producto se compró en Agroservicios Agrocultivos Masaya a un valor de C$420.

- **Tercera fertilización. (sulfato de amonio 21-0-0-24(s))**

Para la tercera fertilización se aplicó un quintal de sulfato de amonio 21-0-0-24 (s), este aporta nitrógeno y azufre esencial para el desarrollo del maíz.

La compra de este producto se realizó en FORMUNICA Masaya, teniendo un costo de C$1,000 el quintal.

- **Aplicación de herbicida paraquat**

La compra de este herbicida se realizó en Agroservicios Agrocultivos Masaya a un valor de C$190 El litro.

Se aplicó este herbicida con el objetivo de quemar y destruir rápidamente todo tipo de tejido vegetal verde secando la mata en menor tiempo.

- **Costos totales para los tres métodos**

En la (Figura 22, Figura 23, Figura 24, Anexo 30) se ve reflejado los costó por el alquiler de los implementos agrícolas, correspondientes a la chapodadora y la rastra, ascendió a un total de C$645.26. Por su parte, el alquiler del tractor, incluyendo los servicios del operador, representó un costo de C$2,759.59. En

conjunto, el servicio de alquiler de maquinaria destinado a las labores de preparación del terreno alcanzó un costo total de C$2,761.25. A este monto se adicionó el costo del combustible utilizado durante la ejecución de dichas labores, equivalente a C$1,749.4, obteniéndose un costo total de maquinaria de C$4,509.12.

Seguidamente en la tabla 40 se representa las labores realizadas y el costo de cada labor, se hizo una división entre los tres métodos para sacar el precio individual por método.

Tabla 40. Costos generales para todos los métodos.

Costos generales para todos los métodos (entre 3)		
Costos totales		
Labor	**Costo**	**Costo individual x método**
Adquisición de Maquinaria + implementos	2759.59	919.86
Combustible	1749.4	583.13
Accesorios de riego	1155	384.92
Energía para riego	2254.96	751.65
Mano de obra	4162.50	1387.50
Semillas	3480	1160.00
Fumigación	920	306.67
Herbicida	190	63.33
Total	16,671.2	5,557.07

Fuente: Propia.

- **Costos para el método manual**

En la tabla 41 se representan los costos de cada fertilizante aplicado, calculados en función de la cantidad utilizada en cada método.

Tabla 41. Costos del método manual por uso de Fertilizantes.

Costos del método manual	
Fertilización 15-15-15	
Precio qq	1490
Precio x lb	14.9
Cantidad aplicada (lbs)	30.5
Total (C$)	454.45
Aplicación Urea	
Precio qq	1650

Precio por libra	16.5
Cantidad aplicada (lbs)	25
Total (C$)	412.5
Reaplicación de urea solo al método manual	
Cantidad aplicada (lbs)	20
Total (C$)	330
Segunda aplicación urea	
Precio qq	1870
Precio x lb	18.7
Cantidad aplicada (lbs)	29
Total (C$)	542.3
Sulfato de amonio	
Precio qq	980
Precio x lb	9.8
Cantidad aplicada (lbs)	30.5
Total (C$)	298.9

Fuente: Propia.

Una vez teniendo los costos de la tabla 41, se le suman los demás costos que se realzaron en el método, estos se muestran en la tabla 42.

Tabla 42. Costo total para el método manual.

Costo total para el método manual	C$
Fertilización 15-15-15	454.45
Aplicación Urea	412.50
Reaplicación urea	330.00
Segunda aplicación urea	542.30
Sulfato de amonio	298.90
Preparación de terreno	583.13
Accesorios de riego	384.92
Semillas	1,160.00
Fumigación	306.67
Herbicida	63.33
Costo maquinaria	919.86
Costo energía	751.65
Costos trabajadores	1,387.50
Total del método	7,595.22

Fuente: Propia.

Tabla 43. Costo producción x qq x método.

Costo producción x qq x método	
Cant. Total del método	7,595.22
Cant. Total qq	4.80
Total	1,582.34

Fuente: Propia.

El costo total de producción para el método manual fue de C$7,595.22, dividiendo esa cantidad entre el total de quintales producidos para ese método, que fue de 4.8 quintales. Teniendo así que el costo total de producción para un quintal en el método manual es de C$1,582.34.

- **Costos para el método semi-mecanizado**

En la tabla 44 se representan los costos de cada fertilizante aplicado, calculados en función de la cantidad utilizada en cada método.

Tabla 44. Costos del método semi-mecanizado por uso de fertilizante.

Costos del método Semi-mecanizado	
Fertilización 15-15-15	
Precio qq	1490
Precio x lb	14.9
Cantidad aplicada (lbs)	33
Total (C$)	491.7
Aplicación Urea	
Precio qq	1650
Precio por libra	16.5
Cantidad aplicada (lbs)	27
Total (C$)	445.5
Segunda aplicación urea	
Precio qq	1870
Precio x lb	18.7
Cantidad aplicada (lbs)	34
Total (C$)	635.8
Sulfato de amonio	
Precio qq	980
Precio x lb	9.8
Cantidad aplicada (lbs)	33
Total (C$)	323.4

Fuente: Propia.

Una vez teniendo los costos de la tabla 44, se le suman los demás costos que se realzaron en el método, estos se muestran en la tabla 45.

Tabla 45. Costos totales para el método semi-mecanizado

Costo total para el método semi-mecanizado	C$
Fertilización 15-15-15	491.7
Aplicación Urea	445.5
Segunda aplicación urea	635.8
Sulfato de amonio	323.4
Preparación de terreno	583.13
Accesorios de riego	384.92
Semillas	1160.00
Fumigación	306.67
Herbicida	63.33
Costo maquinaria	919.86
Costo energía	751.65
Costos trabajadores	1387.50
Total del método	7453.47

Fuente: Propia.

Tabla 46. Costo producción x qq x método.

Costo producción x qq x método	
Cant. Total del método	7453.47
Cant. Total qq	5.2
Total	1433.4

Fuente: Propia.

El costo total de producción para el método semi-mecanizado fue de C$7,453.47, dividiendo esa cantidad entre el total de quintales producidos para ese método, que fue de 5.2 quintales. Teniendo así que el costo de producción para un quintal en el método semi-mecanizado es de C$1,433.4.

- **Costos para el método mecanizado**

En la tabla 47 se representan los costos de cada fertilizante aplicado, calculados en función de la cantidad utilizada en cada método.

Tabla 47. Costos del método mecanizado por uso de fertilizante

Costos del método Mecanizado	
Fertilización 15-15-15	
Precio qq	1490
Precio x lb	14.9
Cantidad aplicada (lbs)	34
Total (C$)	506.6
Aplicación Urea	
Precio qq	1650
Precio por libra	16.5
Cantidad aplicada (lbs)	28
Total (C$)	462
Segunda aplicación urea	
Precio qq	1870
Precio x lb	18.7
Cantidad aplicada (lbs)	35.09
Total (C$)	656.183
Sulfato de amonio	
Precio qq	980
Precio x lb	9.8
Cantidad aplicada (lbs)	34
Total (C$)	333.2

Fuente: Propia.

Una vez teniendo los costos de la tabla 47, se le suman los demás costos que se realzaron en el método, estos se muestran en la tabla 48.

Tabla 48. Costos totales para el método mecanizado.

Costo total para el método mecanizado	C$
Fertilización 15-15-15	506.6
Aplicación Urea	462
Segunda aplicación urea	656.183
Sulfato de amonio	333.2
Preparación de terreno	583.13
Accesorios de riego	385.00
Semillas	1160.00
Fumigación	306.67
Herbicida	63.33

Costo maquinaria	919.86
Costo energía	751.65
Costos trabajadores	1387.50
Total del método	7515.13

Fuente: Propia.

Tabla 49. Costo producción x qq x método.

Costo producción x qq x método	
Cant. Total del método	7515.13
Cant. Total qq	5.9
Total	1273.8

Fuente: Propia.

El costo total de producción para el método mecanizado fue de C$7515.13, dividiendo esa cantidad entre el total de quintales producidos para ese método, que fue de 5.9 quintales. Teniendo así que el precio por quintal en el método mecanizado es de C$1,273.8.

Tabla 50. Resumen de costos comparativos de producción.

Método	**Costo C$**
Método Manual	C$1,582.34
Método Semi-mecanizado	C$1,433.4
Método Mecanizado	C$1,273.8

Fuente: Propia.

Los cálculos realizados muestran el costo de producción por quintal para cada sistema. Para el método manual fue de C$1,582.34 para el semi-mecanizado fue de C$1,433.4 y para el método mecanizado fue de C$1,273.8. Estos resultados indican que el método mecanizado es la opción más eficiente desde el punto de vista económico, al presentar el menor costo unitario de los tres.

- **Costos totales**

En la tabla 51 se reflejan los costos totales de los 3 métodos establecidos.

Tabla 51. Costos totales.

Costos totales	
Labor	**Costo**
Preparación de terreno	1749.4
Accesorios de riego	1155
Semillas	3480
Fumigación	920
Herbicida	190
Maquinaria	2759.59
Energía	2254.96
Trabajadores	4162.50
Total	16671.2

Fuente: Propia.

En resumen, los costos totales del presente estudio ascendieron a C$16,671.2 monto que incluyo la adquisición de todos los insumos y productos requeridos para la ejecución de las labores realizadas durante el desarrollo de esta investigación. Asimismo, la aplicación de dichos productos se realizó bajo un mismo procedimiento en los tres tipos de métodos de siembra evaluados, garantizando condiciones homogéneas de manejo y permitiendo una comparación objetiva de los resultados obtenidos.

Al comparar la tabla 50 de los costos de producción con la tabla 31 de las variables agronómicas evaluadas, se observa que el método mecanizado presentó el menor costo de producción de C$1,273.80, seguido del método semi-mecanizado de C$1,433.40 y, finalmente, el método manual de C$1,582.34.

Esta diferencia económica coincide con un mejor desempeño del método mecanizado en la mayoría de las variables evaluadas, alcanzando la mayor altura de planta de 319.00 cm, el mayor grosor del tallo de 18.96 mm, el mayor grosor de la mazorca de 50.29 mm, el mayor número de granos por mazorca de 516 y el mayor

peso promedio de la mazorca de 316 g. En contraste, el método manual registró los valores más bajos en la mayoría de estas variables, mientras que el método semi-mecanizado presentó resultados intermedios, destacándose únicamente por alcanzar el mayor número de hileras por mazorca de 14. En cuanto al número de hojas, no se observaron diferencias relevantes entre los tratamientos, ya que todos alcanzaron un promedio de 15 hojas.

En conjunto, los resultados evidencian que el método mecanizado fue el más eficiente, al combinar el menor costo de producción con los mejores indicadores de crecimiento y rendimiento, lo que demuestra una mayor rentabilidad y eficiencia en el establecimiento del cultivo de maíz.

VIII. CONCLUSIONES

- El suelo de la Finca UNI presentó condiciones favorables para el cultivo de maíz DK-390, con textura franco-arcillosa, densidad aparente de 0.70 g/cm³, porosidad de 63.15 % y capacidad de campo de 47.82 %.
- Los métodos de siembra semi-mecanizado y mecanizado alcanzaron la mayor capacidad de trabajo de 0.30 ha/h, reduciendo el tiempo de establecimiento del cultivo en comparación con el método manual.
- El método de siembra mecanizado obtuvo los mejores resultados productivos, alcanzando la mayor altura de planta con un promedio de 330.67 cm, un promedio de 387 mazorcas por surco, el mayor peso de mazorca de 246.73 g, el mayor grosor de 50.53 mm y el mayor número promedio de granos por mazorca de 459.93 granos.
- Al comparar los costos de producción del cultivo de maíz DK-390, se determinó que el método de siembra mecanizado presentó el menor costo de producción por quintal cosechado de C$1,273.8 siendo la alternativa con mayor eficiencia económica.

IX. RECOMENDACIONES

- Realizar la investigación durante más de un ciclo agrícola, considerando diferentes épocas de siembra (primera, postrera y apante), con el fin de validar la consistencia de los resultados bajo diversas condiciones climáticas y ambientales.
- Desarrollar proyectos experimentales en las instalaciones de la universidad, con apoyo económico institucional que permita aplicar de forma adecuada la ficha técnica de los insumos utilizados y mejorar la calidad de los resultados obtenidos.
- Complementar los estudios físicos con análisis químicos del suelo, evaluando parámetros como nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico, para relacionar la fertilidad del suelo con el rendimiento del cultivo según el nivel de mecanización.
- Evaluar la uniformidad de la emergencia y el establecimiento del cultivo en cada método de siembra, determinando la influencia del nivel de mecanización sobre la profundidad de siembra, el porcentaje de germinación y la distribución espacial de las plantas.
- Analizar el efecto de los diferentes niveles de mecanización sobre la compactación del suelo después de la cosecha, mediante mediciones de resistencia a la penetración o densidad aparente, para determinar el impacto de la maquinaria en las propiedades físicas del suelo.
- Ampliar el análisis económico del estudio, incorporando indicadores de rentabilidad como la relación beneficio-costo, el margen neto y el período de recuperación de la inversión en maquinaria, con el fin de fortalecer la evaluación financiera de cada método de siembra.

X. BIBLIOGRAFIA

Arronis, I. (2008). *Info agro costa rica.*

Bonilla, N. (2009). *Manual de recomendaciones tecnicas cultivo de maiz.* San jose. Costa Rica: INTA.

Brady, N., & Weil, R. (2016). *The Nature and Properties of Soils.*

Cabalceta, H. Y. (1999).

Castillo, R., & Bird, R. (2017). Analisis de los determinantes del rendimiento del Maiz en Nicaragua. *Revista de econonimia y finanzas BCN, 4*.

Cherlinka, V. (2023). *Eos Data Analytics*. Obtenido de Eos Data Analytics: https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/#:~:text=Se%20considera%20humedad%20de%20suelo,agua%20por%20pie%20de%20suelo.

Cruz, O. (2017). *Manual para la produccion del cultivo de maiz en Honduras* (Tercera ed.). Tegucigalpa: DICTA SAG.

FAO. (2024). *Alimentación y Agricultura.*

FAO. (s.f.). *Food And Agriculture Organization* . Obtenido de Food And Agriculture Organization .

Guamán. (2020). *Híbridos de maíz.*

Instituto Nacional Tecnologico . (2017). *Manual del protagonista granos basicos.* Managua Nicaragua.

Instituto Nacional Tecnologico. (2018). *Manual del protagonista granos basicos* (Segunda ed.). Managua.

Lopez, S. &. (2013). *"Rendimiento de semilla certificada (maíz NB-9043)" .*

Malaga, U. d. (s.f.). *Laboratorio de Geomorfologia y suelos* . Obtenido de Laboratorio de Geomorfologia y suelos : https://www.uma.es/laboratorio-de-geomorfologia-y-suelos/info/125993/porosidad-dr-y-da/

MEFCCA. (s.f.). *Manual de granos basicos .* Managua .

Parsons, D. (1999). *Rendimiento del cultivo de maíz.*

R, B. (1990). *Determinantes del rendimiento del cultivo de maíz.*

Ubeda, J. M., Pérez, S. E., González, J. U., Castellón, R. J., & Sevilla, O. E. (2023). *Diseño curricular del tecnico superior en mecanización agricola.*

Villela. (2019). *Determinar la densidad de siembra óptima para dos cultivares de maíz (ICTA B-7 y DEKALB 390).*

XI. ANEXOS

11.1. Prueba de laboratorio

Anexo 1.

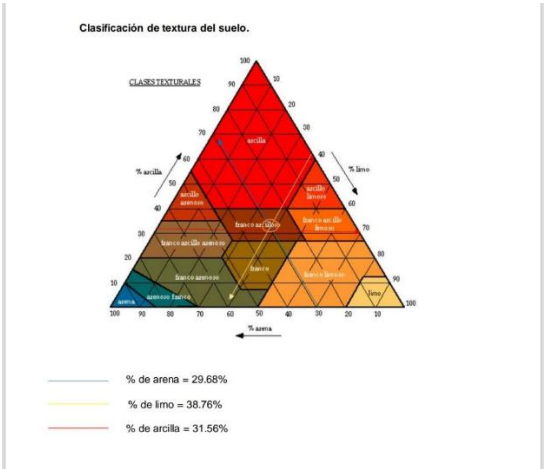
Figura 7. Prueba de textura por el método del tacto.



Fuente: Propia.

Anexo 2.

Figura 8. Clasificación de textura en el suelo.



Fuente: Propia.

Anexo 3.

Figura 9. Datos de comparación de la densidad real.

Densidad Real gr/cm^3	Evaluación
<2.40	Bajo
2.40 – 2.60	Medio
2.60 – 2.80	Alto
>2.80	Muy Alto

Fuente: Propia.

Figura 10. Datos de densidades de agua destilada a distintas temperaturas.

T (°C)	Densidad (gr/cm^3)	T (°C)	Densidad (gr/cm^3)	T (°C)	Densidad (gr/cm^3)
0.0	0.999	12.5	0.999	25.0	0.997
0.5	0.999	13.0	0.999	25.5	0.997
1.0	0.999	13.5	0.999	26.0	0.997
1.5	0.999	14.0	0.999	26.5	0.997
2.0	0.999	14.5	0.999	27.0	0.997
2.5	0.999	15.0	0.999	27.5	0.996
3.0	0.999	15.5	0.999	28.0	0.996
3.5	0.999	16.0	0.999	28.5	0.996
4.0	1.000	16.5	0.999	29.0	0.996
4.5	1.000	17.0	0.999	29.5	0.996
5.0	1.000	17.5	0.999	30.0	0.996
5.5	1.000	18.0	0.999	30.5	0.996
6.0	1.000	18.5	0.998	31.0	0.995
6.5	1.000	19.0	0.998	31.5	0.995
7.0	1.000	19.5	0.998	32.0	0.995
7.5	1.000	20.0	0.998	32.5	0.995
8.0	1.000	20.5	0.998	33.0	0.995
8.5	1.000	21.0	0.998	33.5	0.995
9.0	1.000	21.5	0.998	34.0	0.994
9.5	1.000	22.0	0.998	34.5	0.994
10.0	1.000	22.5	0.998	35.0	0.994
10.5	1.000	23.0	0.998	35.5	0.994
11.0	1.000	23.5	0.998		
11.5	1.000	24.0	0.997		
12.0	1.000	24.5	0.997		

Fuente: Propia.

Anexo 4.

Figura 11. Datos de comparación de la densidad aparente.

Evaluación Densidad Aparente (Da)	gr/cm^3
Muy Baja	**<1.0**
Baja	**1.0– 1.2**
Media	**1.2 – 1.45**
Alta	**1.45 – 1.60**
Muy Alta	**>1.60**

Fuente: Propia.

Anexo 5.

Figura 12. Datos de comparación de porosidad.

Evaluación Porosidad Total (Pt)	Porcentaje (%)
Muy Alta	**>65**
Alta	**55 – 65**
Media	**45 – 55**
Baja	**40 – 45**
Muy Baja	**<40**

Fuente: Propia.

Anexo 6.

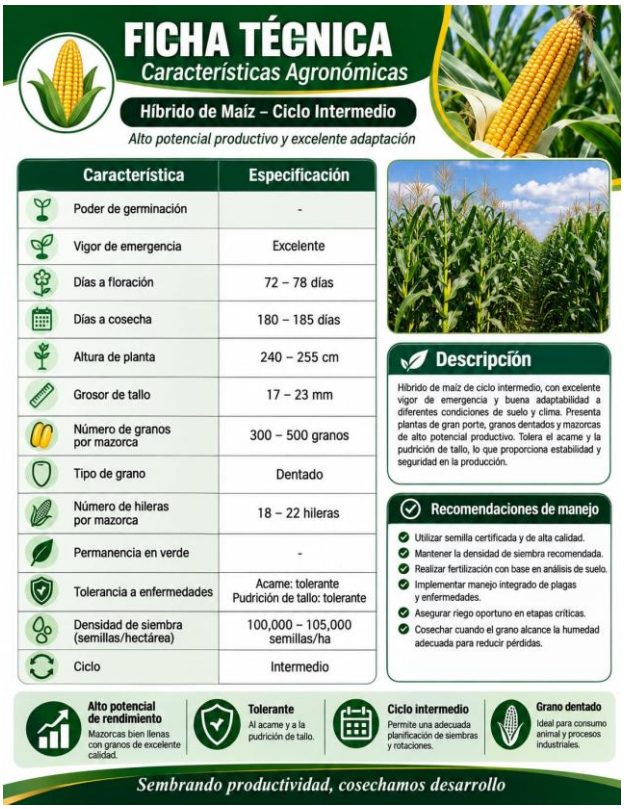
Figura 13. Datos de comparación de capacidad de campo.

Capacidad de Campo % de volumen	Evaluación
< 20	Baja
20 – 40	Media
40 – 55	Alta
> 55	Muy Alta

Fuente: Propia.

Anexo 7.

Figura 14. Ficha técnica de la semilla de maíz variedad DK-390.



Fuente: Propia.

Anexo 8.

Figura 15. Ficha Técnica Tractor Kubota ME 8200.

Kubota

Características principales

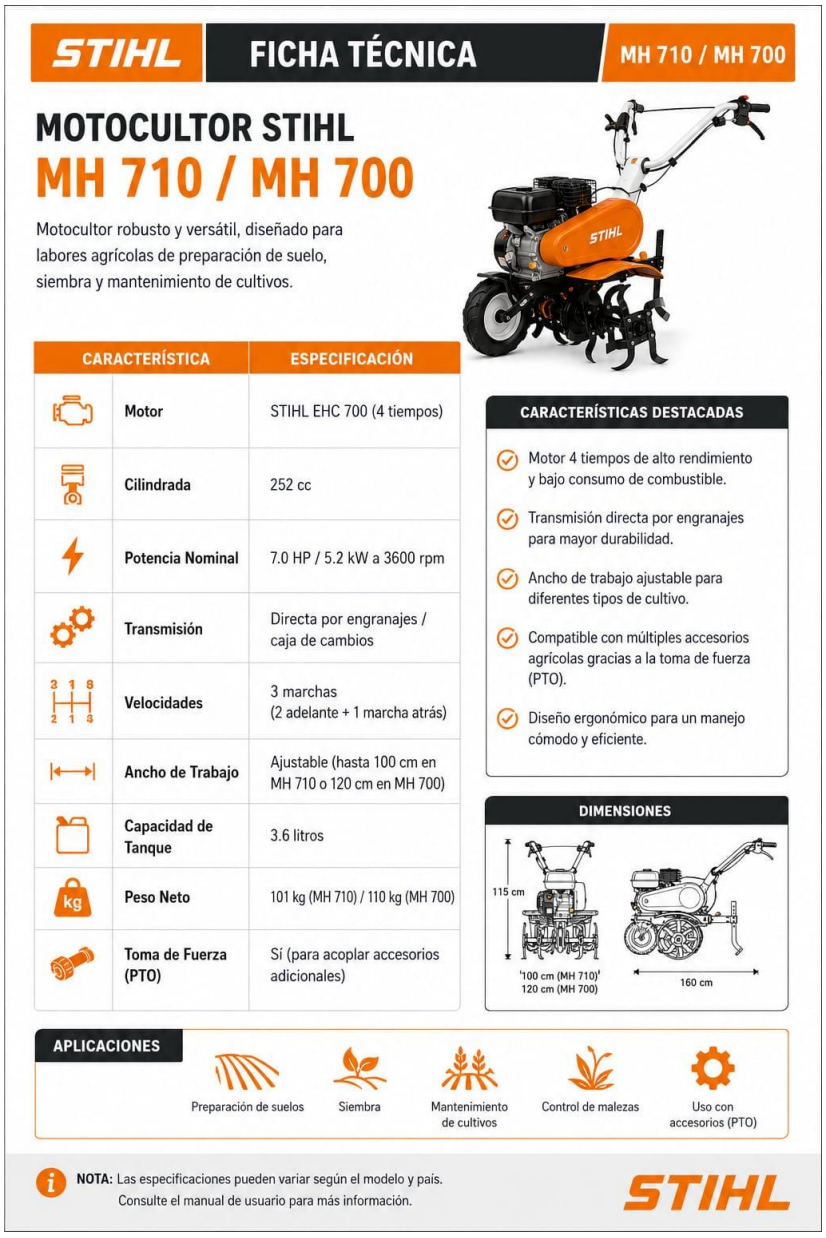
Modelo	ME 8200 DTH
Tipo de vehículo	Tractor agrícola
Año	2005
Potencia	62 kW
Cilindrada	3318 cm³
Velocidad nominal del motor	2600 tr/min
Par máximo	285 N.m
Par máximo	1300 à 1500 tr/min



Fuente: Propia.

Anexo 9.

Figura 16. Ficha Técnica del Motocultor MH 710.



Fuente: Propia.

Anexo 10.

Figura 17. Ficha Técnica de Sembradora de Precisión Manual WM-20.



Fuente: Propia.

11.2. Cálculos

Anexo 11.

Tabla 52. Datos de Textura.

A los 40 seg	Muestra
Lectura	33 gr/lts
Temp	27.2 °

A las 5 horas	Muestra
Lectura	15 gr/lts
Temp	27.2 °

Fuente: Propia.

- Factor de corrección
  (La lectura de la temperatura a los 40 segundos por el excedente (20%) *0.300 y el resultado se suma o se resta a la muestra)
  Lectura Blanco a los 40 seg: $7.2 * 0.300 = 2.16$
  Lectura muestra a los 40 seg: $33gr/lts + 2.16 = 35.16$
  (Se repite lo mismo a las 5 horas)
  Lectura Blanco a las 5 hrs: 2.6*0.300=0.78
  Lectura muestra a las 5 horas: 15 gr/lts+0.78= 15.78

- % Limo+ arcilla: $\left(\frac{Lcorre40seg+lecBlanco}{Psuelo}\right) * 100$
  % Limo+ arcilla: $\left(\frac{35.16+0}{50g}\right) * 100$=70.32%
- % Arcilla: $\left(\frac{Lcorre5\ hrs+lecBlanco}{Psuelo}\right) * 100$
  %Arcilla: $\left(\frac{15.78+0}{50}\right) * 100 = 31.56\%$
- %Arena: 100- %Limo + arcilla
  %Arena: 100-70.32%: 29.68%
- %Limo: % Limo+ arcilla -arcilla
  % Limo= 70.32% - 31.56% =38.76%

Total= 31.56+ 29.68 +38.76 = 100%

Anexo 12.

Tabla 53. Datos de Densidad Real.

Código envase	Peso envase	Peso con muestra
8	41.48 gr	52.48 gr

Fuente: Propia.

- Hexametafosfato de sodio

  1000 -------- 36.6 $X = \frac{100*36.6}{1000} = 3.66\ (cantidad\ a\ usar)$

  100----------?

- Dosificación

  1.66 g+100 ml agua

  125 ml agua

  50 ml hexametafosfato

Tabla 54. Datos recopilados de peso de muestras.

Envase	Gr	Temp
Peso con agua	148.62	25.2
Peso con suelo	143.39	26.1

Fuente: Propia.

$$D=\frac{D1*D3*PS}{D3*(P1-PP)-D1(P3-PS-PP)}$$

Donde:

D: Densidad real

D1: Densidad del agua a la temp1

D3: Densidad del agua a la temp 3

PI: Peso picnómetro + agua (g)

PP: Peso picnómetro vacío (g)

P3:Peso del conjunto agua+suelo+picnómetro

PS: Peso del suelo

$$D=\frac{0.997gr/cm3*0.997\ gr/cm3*11}{0.997\ gr/cm3*(143.39-47.48)-0.997gr/cm3(148.62-11-41.48g)}=1.9\frac{gr}{cm3}(bajo)\leq 2.40$$

$$D=\frac{1gr/cm3*1\ gr/cm3*11}{1\ gr/cm3*(143.39-47.48)-1gr/cm3(148.62-11-41.48g)}=1.9\frac{gr}{cm3}(bajo)\leq 2.40$$

Anexo 13.

Cálculo. Densidad Aparente

Tabla 55. Datos de densidad aparente para muestra inalterada

Beaker	Peso del beaker	Peso con suelo
#7	147.11 gr	272.06 gr
#2	147.67 gr	288.36 gr

Fuente: Propia.

Tabla 56. Datos de muestras por 24 horas.

Muestra en el horno por 24 horas (2:45 pm) (21/01/2026)

Beaker	Peso suelo seco
#7	248.56 gr
#2	261.28 gr

Beaker	P. Beaker	P. seco	Resta
#7	147.11 gr	272.06 gr	101.45 gr
#2	147.67 gr	288.36 gr	113.61 gr

Fuente: Propia.

Densidad aparente para (muestra #7)=DA= $(\frac{101.45\ g}{162.86\ cm^3} = 0.62\ g/cm^3$

Densidad aparente para (muestra #2)=DA= $(\frac{113.61\ g}{162.86\ cm^3} = 0.70\ g/cm^3$

Anexo 14.

Cálculo de Porosidad

- Cálculo de porosidad para beaker #7

$$P = \left(\frac{1 - 0.62}{1.9}\right) * 100 = 67.36\%$$

- Cálculo de porosidad para beaker #2

$$P = \left(\frac{1 - 0.70}{1.9}\right) * 100 = 63.15\%$$

Anexo 15.

Cálculo de humedad in situ

%CC con muestra beaker #7 $=\frac{272.06g - 248.56\ g}{248.56 - 147.11g} * 100 = 23.16\%$

%CC con muestra beaker #2 $=\frac{288.36g - 261.28\ g}{261.28g - 147.67g} * 100 = 23.83\%$

$$PMP\ \#7 = \frac{23.16\%}{1.85} = 12.51\%$$

$$PMP\ \#2 = \frac{23.83\%}{1.85} = 12.88\%$$

Anexo 16.

Cálculo de Capacidad de Campo

Tara1: 15.82 g (Peso tara)

Tara1: 54.24 g (Peso suelo)

Tara 1: 41.51 g (Peso seco a las 24 hrs)

%CC=$\frac{PsH + T - Pss + T}{Pss + T - Pt} * 100$

%CC=$\frac{54.24\ g-41.81\ g}{41.81-15.82} * 100 = 47.82\%\ (Alta)$

$$PMP = \frac{CC}{1.85}$$

$$PMP = \frac{47.82\%}{1.85} = 25.89\%$$

Anexo 17.

Cálculo de densidad de siembra método manual

- Cálculo para sacar el área del método

62 m largo

0.25 m distancia entre semilla

0.85 mts de distancia entre candela

2 semillas por golpe

12 surcos

- Área del método manual

$Area: 12\ surcos * 0.85\ mts\ = 10.2\ mts$

$Area: 10.2 mts * 62\ mts = 632.4\ mts^2$

- Cantidad de semillas por método

$\#semillas: 62\ mts \div 0.25\ mts\ = 248$

$\#semillas: 248 * 2\ (cantidad\ de\ semillas\ por\ golpe) \coloneqq 496\ (semillas\ por\ surco)$

$\#semillas$:12 surcos * 496 semillas por surco= $5{,}952\ semillas$

- Peso de la bolsa

1.53 kg ———— 1,530 grs

1 bolsa ———— 5000 semillas

$\frac{1530}{5000} = 0.306\ gramos * semilla$

- Cálculo de las 5952 semillas se multiplican por el peso promedio de la semilla

$5952 * 0.31\ gramos = 1{,}485.12\ gr\ (peso\ total\ semilla\ sembradas)$

$\frac{1485.12}{1000} = 1.845\ kgs$

$\frac{1845.12\ kg}{0.063\ ha} = 29.29\ kg/ha$

Anexo 18.

Cálculo de densidad de siembra método semi-mecanizado

- Cálculo para sacar el área del método

62 m largo

0.25 m distancia entre semilla

0.85 mts de distancia entre candela

2 semillas por golpe

11 surcos

- Área del método semi-mecanizado

$Area: 11\ surcos * 0.85\ mts\ = 9.35\ mts$

$Area: 9.35\ mts * 62\ mts = 579.7\ mts^2$

- Cantidad de semillas por método

$\#semillas: 62\ mts \div 0.25\ mts\ = 248$

$\#semillas: 248 * 2\ (cantidad\ de\ semillas\ por\ golpe)\ = 496\ (semillas\ por\ surco)$

$\#semillas$: 11 surcos * 496 semillas por surco$= 5{,}456\ semillas$

- Peso de la bolsa

1.53 kg ———— 1,530 grs

1 bolsa ———— 5000 semillas

$\frac{1530}{5000} = 0.306\ gramos * semilla$

- Cálculo de las 5952 semillas se multiplican por el peso promedio de la semilla

$5{,}456 * 0.31\ gramos = 1{,}691.36\ gr\ (peso\ total\ semilla\ sembradas)$

$\frac{1691.36}{1000} = 1.691\ kgs$

$\frac{1691\ kg}{0.057\ ha} = 29.66\ kg/ha$

Anexo 19.

Cálculo de densidad de siembra método mecanizado

- Cálculo para sacar el área del método

62 m largo

0.25 m distancia entre semilla

0.85 mts de distancia entre candela

2 semillas por golpe

11 surcos

- Área del método Mecanizado

$Area: 11\ surcos * 0.85\ mts\ = 9.35\ mts$

$Area: 9.35\ mts * 62\ mts = 579.7\ mts^2$

- Cantidad de semillas por método

$\#semillas: 62\ mts \div 0.25\ mts\ = 248$

$\#semillas: 248 * 2\ (cantidad\ de\ semillas\ por\ golpe)\ = 496\ (semillas\ por\ surco)$

$\#semillas$: 11 surcos * 496 semillas por surco$= 5{,}456\ semillas$

- Peso de la bolsa

1.53 kg ———— 1,530 grs

1 bolsa ———— 5000 semillas

$\frac{1530}{5000} = 0.306\ gramos * semilla$

- Cálculo de las 5952 semillas se multiplican por el peso promedio de la semilla

$5{,}456 * 0.31\ gramos = 1{,}691.36\ gr\ (peso\ total\ semilla\ sembradas)$

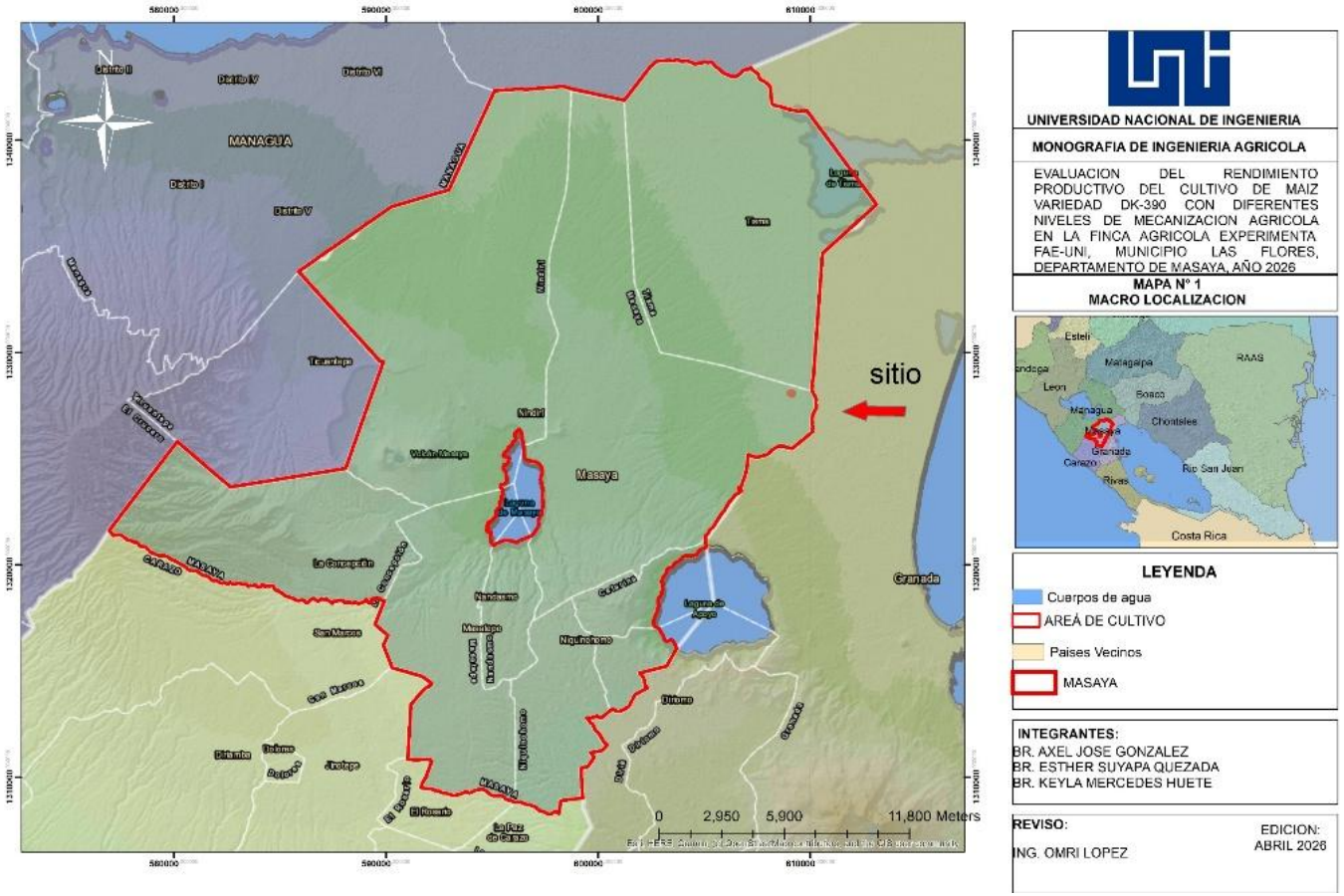
$\frac{1691.36}{1000} = 1.691\ kgs$

$\frac{1691\ kg}{0.057\ ha} = 29.66\ kg/ha$

11.2. Planos

Anexo 20.

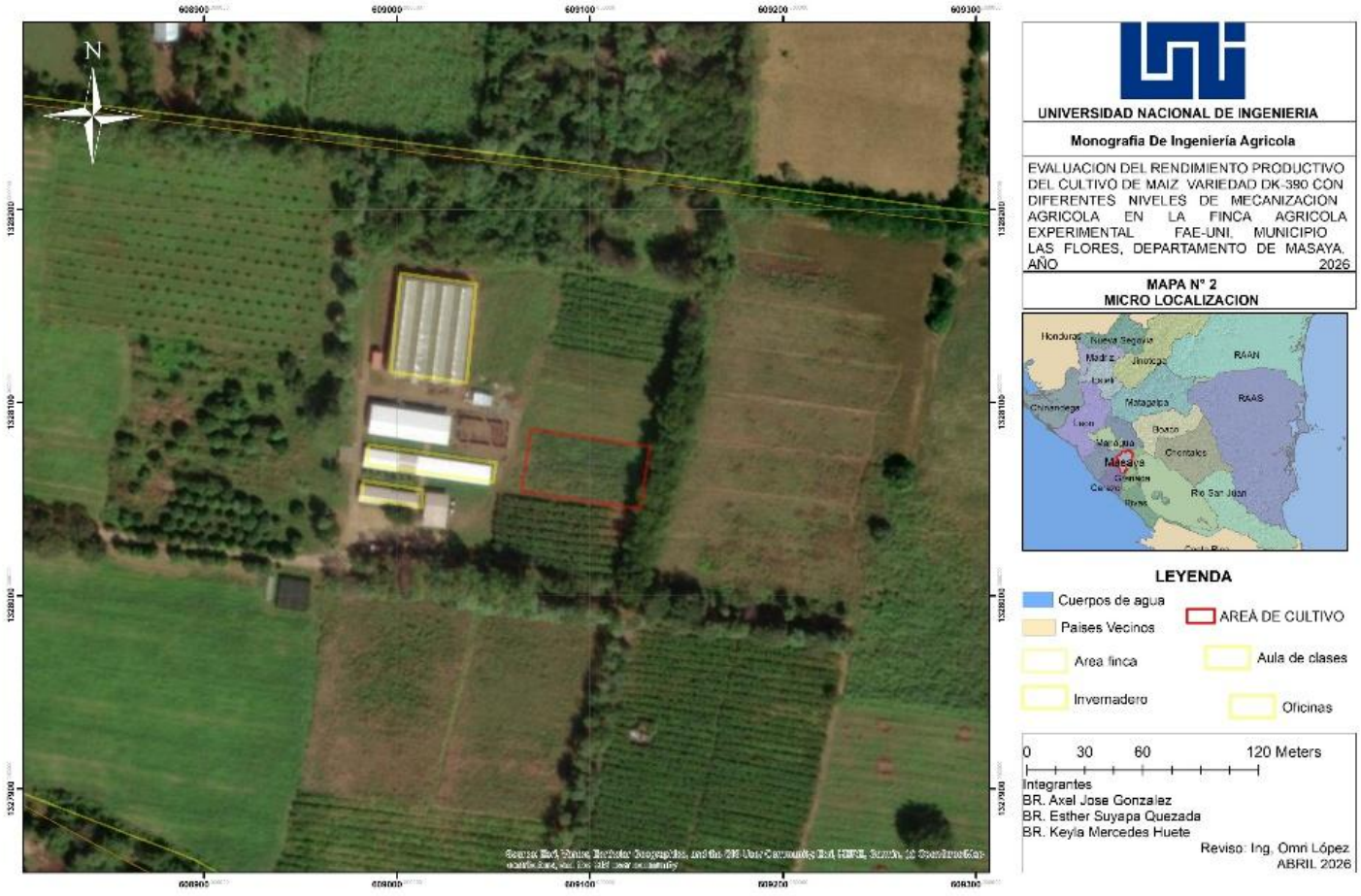
Figura 18. Plano de Macro Localización.



Fuente: Propia.

Anexo 21.

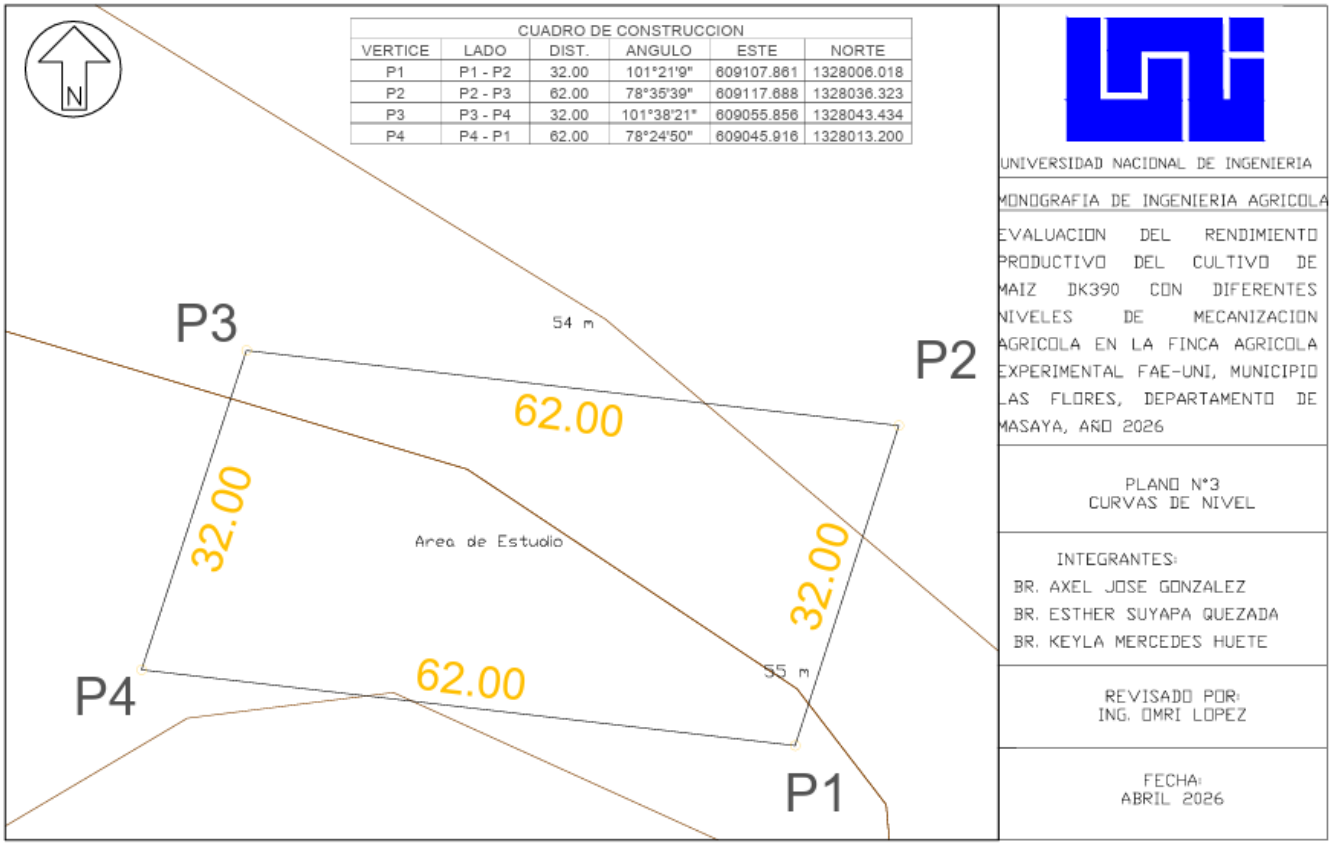
Figura 19. Plano de Micro Localización.



Fuente: Propia.

Anexo 22.

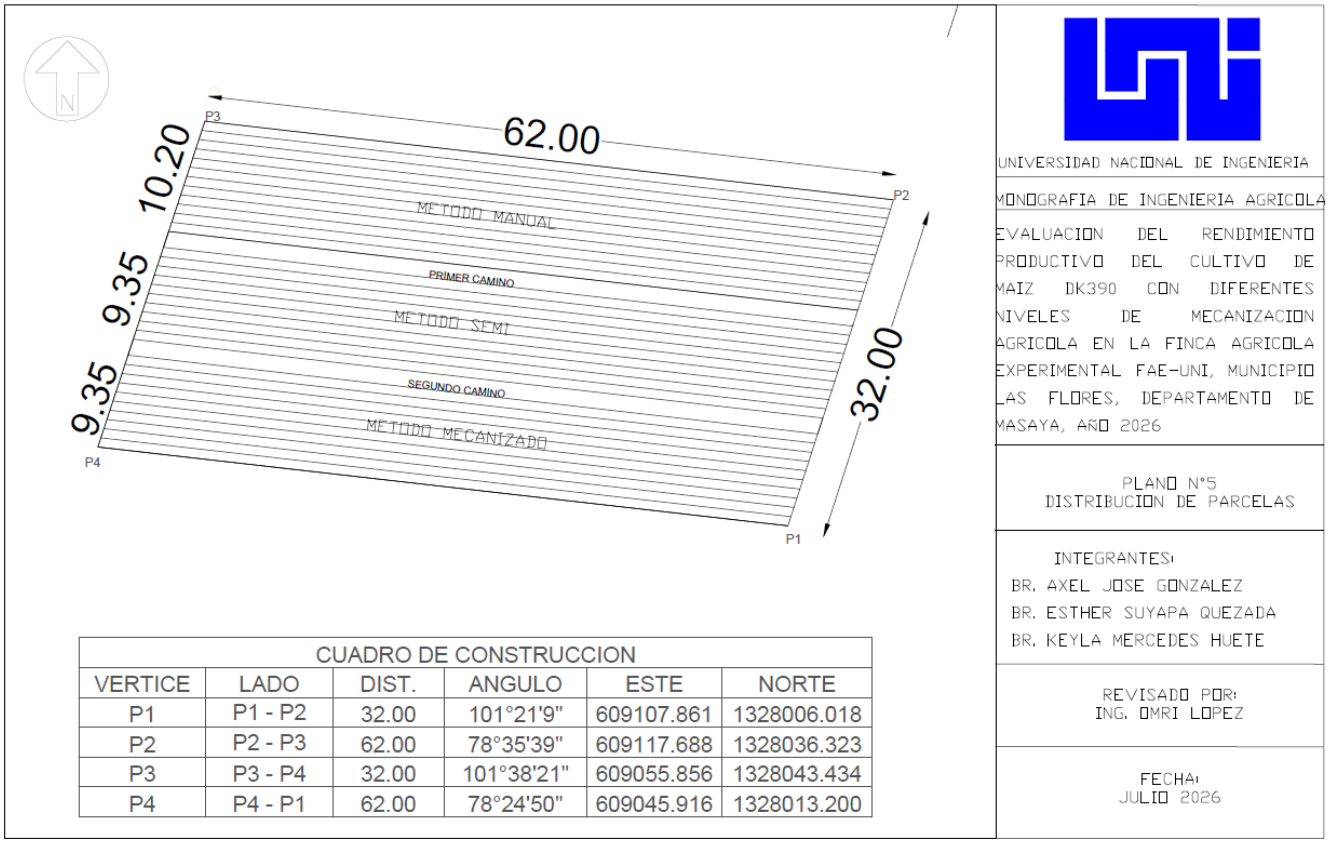
Figura 20. Plano de Curvas de Nivel.



Fuente: Propia.

Anexo 23.

Figura 21. Plano de Delimitación del área.



CUADRO DE CONSTRUCCION					
VERTICE	LADO	DIST.	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1 - P2	32.00	101°21'9"	609107.861	1328006.018
P2	P2 - P3	62.00	78°35'39"	609117.688	1328036.323
P3	P3 - P4	32.00	101°38'21"	609055.856	1328043.434
P4	P4 - P1	62.00	78°24'50"	609045.916	1328013.200

Fuente: Propia.

11.3. Tablas de variables

Anexo 24.

Tabla 57. Mediciones de campo.

Método de siembra	#plantas	Fecha	Altura (cm)	Tallo (cm)	Hojas	Método de siembra	#plantas	Fecha	Altura (cm)	Tallo (cm)	Hojas	Método de siembra	#plantas	Fecha	Altura (cm)	Tallo (cm)	Hojas
Mecanizada	1	16/2/2026	4.00	-	2	Semi-mecanizado	1	16/2/2026	5.00	-	1	Manual	1	16/2/2026	4.00	-	2
	2		4.50	-	2		2		5.60	-	2		2		4.50	-	2
	3		4.00	-	1		3		7.00	-	3		3		5.00	-	1
	1	23/2/2026	12.00	-	3		1	23/2/2026	13.00	-	3		4		5.10	-	1
	2		12.30	-	3		2		14.00	-	3		1		10.00	-	2
	3		14.00	-	4		3		12.50	-	2		2	23/2/2026	10.60	-	3
	1	4/3/2026	36.50	19.00	4		1	4/3/2026	25.30	19.00	3		3		12.00	-	4
	2		26.00	12.20	5		2		27.20	12.20	4		4		11.50	-	2
	3		27.50	11.50	4		3		24.50	11.50	3		1		21.00	13.00	2
	1	10/3/2026	49.40	25.00	6		1	10/3/2026	41.00	25.00	4		2	4/3/2026	25.60	11.00	2
	2		54.00	28.50	8		2		45.50	28.50	5		3		22.00	12.50	3
	3		45.40	24.40	4		3		38.20	24.40	5		4		24.00	14.50	4
	1	18/3/2026	93.00	34.50	11		1	18/3/2026	56.30	31.00	6		1		42.50	18.30	5
	2		81.30	35.00	9		2		76.00	40.00	9		2	10/3/2026	34.30	14.00	4
	3		84.00	36.20	8		3		81.30	38.00	8		3		36.00	16.50	4
	1	24/3/2026	115.20	33.30	13		1	24/3/2026	103.40	29.30	10		4		36.50	18.30	4
	2		131.00	41.50	11		2		102.00	24.50	12		1		54.00	25.00	7
	3		104.00	37.50	10		3		86.60	37.00	10		2	18/3/2026	51.00	24.51	8
	1	09/04/206	185.50	57.20	15		1	9/4/2026	170.00	52.40	13		3		53.40	19.50	5
	2		162.40	36.60	14		2		200.00	60.00	16		4		53.50	22.50	8

3		157.80	57.20	14	3		189.20	39.00	13	1		78.00	37.50	9
1		245.00	40.00	14	1		205.00	70.00	13	2	24/3/2026	79.00	31.00	9
2	15/4/2026	269.00	54.00	13	2	15/4/2026	308.00	50.00	14	3		96.00	35.00	10
3		230.00	50.00	13	3		301.00	50.00	15	4		69.00	24.20	11
1		363.00	42.00	15	1		230.00	38.50	15	1		193.00	65.00	13
2	29/4/2026	225.00	47.20	13	2	29/4/2026	237.00	36.20	13	2	9/4/2026	151.20	53.20	14
3		225.00	40.00	15	3		257.50	38.20	13	3		188.30	59.20	14
	Max	363.00	57.20	15		Max	308.00	70.00	16	1		198.00	30.00	14
	Min	4.00	11.50	1		Min	5.00	11.50	1	2	15/4/2026	204.00	32.00	13
	Promedio	109.66	36.32	8.66666667		Promedio	106.00	35.94	8.07407407	3		210.00	40.00	13
										1		210.00	37.00	11
										2	29/4/2026	262.00	36.70	13
										3		270.00	33.00	12

Fuente: Propia.

Anexo 25.

Tabla 58. Variables por etapa de crecimiento por método de siembra.

		MANUAL	VARIABLES MEDIDAS				SEMI	VARIABLES MEDIDAS				MECANIZADO	VARIABLES MEDIDAS			
ETAPA	**DIAS**	**FECHA**	**ALTURA (cm)**	**TALLO ALT (cm)**	**TALLO GRO (mm)**	**HOJAS (Und)**	**FECHA**	**ALTURA (cm)**	**TALLO (cm)**	**TALLO GRO (mm)**	**HOJAS (Und)**	**FECHA**	**ALTURA (cm)**	**TALLO (cm)**	**TALLO GRO (mm)**	**HOJAS (Und)**
SIEMBRA	**0-1 DIA**	10/2/2026	-	-	-	-	10/2/2026	-	-	-	-	10/2/2026	-	-	-	-
GERMINACION	**2-6 DIAS**	16/2/2026	4.00	-	-	2	16/2/2026	5.00	-	-	1	16/2/2026	4.00	-	-	2
			4.50	-	-	2		5.60	-	-	2		4.50	-	-	2
			5.00	-	-	1		7.00	-	-	3		4.00		-	1
			5.10	-	-	1				-					-	
		23/2/2026	10.00	-	-	2	23/2/2026	13.00	-	-	3	23/2/2026	12.00	-	-	3
			10.60	-	-	3		14.00	-	-	3		12.30	-	-	3
			12.00	-	-	4		12.50	-	-	2		14.00	-	-	4
			11.50	-	-	2				-					-	
CRECIMIENTO	**7-48 DIAS**	4/3/2026	21.00	13.00	-	2	4/3/2026	25.30	19.00	-	3	4/3/2026	36.50	19.00	-	4
			25.60	11.00	-	2		27.20	12.20	-	4		26.00	12.20	-	5
			22.00	12.50	-	3		24.50	11.50	-	3		27.50	11.50	-	4
			24.00	14.50	-	4				-					-	
		10/3/2026	42.50	18.30	-	5	10/3/2026	41.00	25.00	-	4	10/3/2026	49.40	25.00	-	6
			34.30	14.00	-	4		45.50	28.50	-	5		54.00	28.50	-	8

			36.00	16.50	-	4		38.20	24.40	-	5		45.40	24.40	-	4
			36.50	18.30	-	4				-					-	
			54.00	25.00	10.00	7		56.30	31.00	10.66	6		93.00	34.50	11.25	11
		18/3/2026	51.00	24.51	11.45	8	18/3/2026	76.00	40.00	11.37	9	18/3/2026	81.30	35.00	11.87	9
			53.40	19.50	11.50	5		81.30	38.00	10.89	8		84.00	36.20	12.61	8
			53.50	22.50	10.48	8										
			78.00	37.50	13.08	9		103.40	29.30	12.92	10		115.20	33.30	13.54	13
		24/3/2026	79.00	31.00	12.41	9	24/3/2026	102.00	24.50	12.12	12	24/3/2026	131.00	41.50	14.10	11
			96.00	35.00	11.52	10		86.60	37.00	13.78	10		104.00	37.50	14.00	10
			69.00	24.20	11.89	11										
			153.00	39.00	14.90	12		155.00	41.00	14.69	10		162.00	36.60	15.71	10
DESARROLLO	**49-52 DIAS**	1/042026	153.20	38.90	13.20	11	1/4/2026	160.00	40.50	14.56	11	1/4/2026	175.00	40.00	16.18	12
			155.50	38.65	13.74	13		158.00	42.00	15.67	12		157.80	41.00	15.89	13
			150.50	38.50	13.52	12					12					
			193.00	65.00	16.92	13		170.00	52.40	16.71	13		185.50	57.20	17.47	15
		9/4/2026	151.20	53.20	14.56	14	9/4/2026	200.00	60.00	18.99	16	09/04/206	170.50	55.41	17.54	14
FORMACION Y LLENADO DE GRANOS	**53-67 DIAS**		188.30	59.20	14.89	14		189.20	39.00	17.45	13		182.56	57.20	16.95	14
			198.00	30.00	19.54	14	15/4/2026	205.00	38.50	18.79	13	15/4/2026	245.00	40.00	19.12	14
		15/4/2026	204.00	32.00	18.56	13		230.00	36.20	19.73	14		225.00	54.00	19.38	13

MADURACION	**68-110 DIAS**	29/4/2026	210.00	40.00	19.05	13	29/4/2026	237.00	38.20	20.25	15	29/4/2026	230.00	50.00	18.23	13
			210.00	37.00	24.11	11		301.00	50.00	22.50	15		363.00	42.00	27.89	15
			262.00	36.70	26.96	13		308.00	70.00	22.03	13		319.00	47.20	20.45	13
			270.00	33.00	34.12	12		257.50	50.00	23.00	13		310.00	40.00	19.66	15
			285.00	41.00	27.94	15										

Fuente: Propia.

Anexo 26.

Tabla 59. Variable de medición de altura.

TABLA DE MEDICION DE ALTURA		METODO MANUAL			METODO SEMI-MECANIZADO			METODO MECANIZADO		
ETAPA	**DIAS**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**
SIEMBRA	0-1 DIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GERMINACION	2-6 DIAS	5.10	4.00	4.65	7.00	7.00	5.87	4.50	4.00	4.17
CRECIMIENTO	7-48 DIAS	96.00	10.00	41.00	103.40	12.50	49.79	131.00	12.00	59.04
DESARROLLO	49-52 DIAS	155.50	150.50	153.05	160.00	155.00	157.67	175.00	157.80	164.93
FORMACION Y LLENADO DE GRANOS	53-67 DIAS	210.00	151.20	190.75	237.00	170.00	205.20	245.00	170.50	206.43
MADURACIÓN	68-110 DIAS	285.00	210.00	256.75	308.00	257.50	288.83	363.00	310.00	330.67

Fuente: Propia.

Anexo 27.

Tabla 60. Variable de grosor de tallo.

TABLA DE GROSOR DE TALLO		METODO MANUAL			METODO SEMI-MECANIZADO			METODO MECANIZADO		
ETAPA	**DIAS**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**
SIEMBRA	0-1 DIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GERMINACION	2-6 DIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRECIMIENTO	7-48 DIAS	13.08	10.00	11.54	13.78	10.66	11.96	14.10	11.25	12.90
DESARROLLO	49-52 DIAS	14.90	13.20	13.84	15.67	14.56	14.97	16.18	15.71	15.93
FORMACION Y LLENADO DE GRANOS	53-67 DIAS	19.54	14.56	17.25	20.25	16.71	18.65	19.38	16.95	18.12
MADURACION	68-110 DIAS	34.12	24.11	28.28	23.00	22.03	22.51	27.89	19.66	22.67

Fuente: Propia.

Anexo 28.

Tabla 61. Variable de numero de hojas.

TABLA DE DATOS DE NUMERO DE HOJAS		METODO MANUAL			METODO SEMI-MECANIZADO			METODO MECANIZADO		
ETAPA	**DIAS**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**	**MAX**	**MIN**	**PROMEDIO**
SIEMBRA	0-1 DIA	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GERMINACION	2-6 DIAS	2.00	1.00	1.67	3.00	1.00	2.00	2.00	1.00	1.67
CRECIMIENTO	7-48 DIAS	13.00	3.00	6.87	12.00	2.00	5.80	13.00	3.00	6.87
DESARROLLO	49-52 DIAS	13.00	10.00	13.00	12.00	10.00	11.25	13.00	10.00	11.67
FORMACION Y LLENADO DE GRANOS	53-67 DIAS	15.00	13.00	15.00	16.00	13.00	14.00	15.00	13.00	13.83
MADURACION	68-110 DIAS	15.00	13.00	15.00	15.00	13.00	13.67	15.00	13.00	14.33

Fuente: Propia.

11. 4. Costos

Anexo 29.

Tabla 62. Costos de producción.

Preparación de terreno			
Producto	**Cantidad (gal)**	**Precio (C$)**	**Total (C$)**
Diesel	7	164.2	1149.4
Transporte		600	600
			1749.4

Accesorios de riego			
Producto	**Unidad**	**Precio (C$)**	**Total (C$)**
Groomet 16mm tipo T	35	4.78	167.3
Conector inicial PVC x 16mm	35	10	350
Conector dentado 16mm x cinta	35	13.91	486.85
Subtotal			1004.2
IVA (15%)		0.15	150.6
Total			1155

Accesorios de riego				
Método	**Producto**	**Unidad**	**Precio (C$)**	**Total**
Manual	**Groomet 16mm tipo T**	12	4.78	57.36
	Conector inicial PVC x 16mm	12	10	120
	Conector dentado 16mm x cinta	12	13.91	166.92
Semi-mecanizado	**Groomet 16mm tipo T**	11	4.78	52.58
	Conector inicial PVC x 16mm	11	10	110
	Conector dentado 16mm x cinta	11	13.91	153.01
Mecanizado	**Groomet 16mm tipo T**	11	4.78	52.58
	Conector inicial PVC x 16mm	11	10	110
	Conector dentado 16mm x cinta	11	13.91	153.01
	∑			975.46

Compra de semilla DK-390			
Producto	**Cantidad (bolsas)**	**Precio (C$)**	**Total (C$)**
Semilla de maíz DK-390	4	870	3480

Fumigación		
1era Fumigación		
Producto	**Precio**	**Total (C$)**
Insecticida TRIAZOPHOS 20 EC	500	500
2da Fumigación		
Producto	Precio	Total (C$)
Coragen 20 sc 15 ml	420	420
∑		920

Fertilización		
1era fertilización		
Producto	**Precio**	**Total**
Triple 15	1490	1490
2da fertilización		
Producto	**Precio**	**Total**
Urea	1650	1650
3ra Fertilización		
Producto	**Precio**	**total**
Urea	1870	1870
4ta Fertilización		
Producto	**Precio**	**Total**
Sulfato de amonio	980	980
∑		5990

Herbicida		
Producto	**Precio**	**Total**
Herbicida Paraquat	190	190

Fuente: Propia.

Anexo 30.

Figura 22. Costos Chapodadora agrícola.

CALCULO DE COSTOS COSECHADORA, CON DATOS FAT

Tipo de máquina	Chapodadora			**Año**	2018	
Potencia				Fecha de adquisión:	Diciembre, 2025	Precio: $1,000.00
Valor actualizado	$ 1,000.00			Tiempo requerido por ha (horas/ha)		1.6
Vida útil (años)	8			Necesidad de espacio (m2)		45
Vida útil según trabajo (horas/ha)	1200			Factor de reparacion (horas/ha)		1
Ocupación anual (horas/ha)	600			Factor de Mantenimiento		0.1
Costo de operación				Tasa de interes (%)		10%

				Costos en dólares	
				Por año	Por hora/ha
COSTOS FIJOS					
1. Depreciación	Valor actualizado	$1,000.00		$ 125.00	
	Años de vida util	8			
2. Intereses	Tasa de interes (%) de 0.6 * Valor actualizado			$ 60.00	
3. Alquiler Galerón	X m² a 300 $/m²				
4. Seguros y tasas					
5. Total costos fijos/año	Suma 1 + 2 + 3 + 4			$ 185.00	
6. Costos fijos por unidad de trabajo	Valor 5				
	Ocupación Anual				0.308333333
COSTOS VARIABLES					
7. Reparaciones	Valor actualizado * factor reparación				$ 0.83
	vida útil según trabajo				
8. Mantenimiento	0.5 horas a	50	$/hora		$ 5.00
9. Combustible	litros a		$/litro		
10. Lubricantes	litros a		$/litro		
11. Total costos variables por unidad de trabajo	Suma 7+8+9+10				$ 5.83
12. Total costos fijos y variables por unidad de trabajo	6+11				$ 6.14
13. Administración y riesgo	20% del valor 12				$ 1.23
14. Costo máquina sola sin operador	Suma 12 + 13				$ 7.37
15. Costo operación (solo para máquinas automotrices)					
16. Costo máquina + operador	Suma 14 + 15				
COSTOS PARA REALIZAR EL TRABAJO CON TRACTOR E IMPLEMENTO					
17. Tractor con operador por ha	Tarifa del tractor con operador				
	($/Hora)*tiempo requerido en horas/ha				$ 36.10
18. Implementos	($/ha) Sin operador = Valor 14				$ 7.37
19. Costo Completo para trabajar 1 ha	Suma 17 + 18				**$ 43.47**
20. Costo Completo para trabajar 1 mz	0.7 * Valor 19				$ 30.43
21. Costo completo por horas de trabajo	Valor 19				
	Tiempo requerido por ha				**$ 27.17**
22. Costo completo para area total trabajada (0.2 ha)					**$ 8.69**

Fuente: Propia.

Figura 23. Costos Romplona agrícola.

CALCULO DE COSTOS PARA RASTRA, CON DATOS FAT

Tipo de máquina	Rastra afinadora (Discos)			**Año**	2010			
Potencia				Fecha de adquisión:	Diciembre, 2025		Precio:	########
Valor actualizado	$ 1,000.00				Tiempo requerido por ha (horas/ha)		1.6	
Vida útil (años)	8				Necesidad de espacio (m2)		8	
Vida útil según trabajo (horas/ha)	1200				Factor de reparacion (horas/ha)		1	
Ocupación anual (horas/ha)	140				Factor de Mantenimiento		0.1	
Costo de operación					Tasa de interes (%)		10%	
						Costos en dólares		
COSTOS FIJOS					Por año		Por hora/ha	
1. Depreciación	Valor actualizado	########			$ 125.00			
	Años de vida util	8						
2. Intereses	Tasa de interes (%) de 0.6 * Valor actualizado				$ 60.00			
3. Alquiler Galerón	X m³ a 300 $/m³							
4. Seguros y tasas								
5. Total costos fijos/año	Suma 1+2+3+4				$ 185.00			
6. Costos fijos por unidad de trabajo	Valor 5							
	Ocupación Anual						1.32142857	
COSTOS VARIABLES								
7. Reparaciones	Valor actualizado * factor reparación						$ 0.83	
	vida útil según trabajo							
8. Mantenimiento	0.1 horas a	50	$/hora				$ 5.00	
9. Combustible	litros a		$/litro					
10. Lubricantes	litros a		$/litro					
11. Total costos variables por unidad de trabajo	Suma 7+8+9+10						$ 5.83	
12. Total costos fijos y variables por unidad de trabajo	6+11						$ 7.15	
13. Administración y riesgo	20% del valor 12						$ 1.43	
14. Costo máquina sola sin operador	Suma 12 + 13						$ 8.59	
15. Costo operación (solo para máquinas automotrices)								
16. Costo máquina + operador	Suma 14 + 15							
COSTOS PARA REALIZAR EL TRABAJO CON TRACTOR E IMPLEMENTO								
17. Tractor con operador por ha	Tarifa del tractor con operador ($/Hora)*tiempo requerido en horas/ha						$ 36.10	
18. Implementos	($/ha) Sin operador = Valor 14						$ 8.59	
19. Costo Completo para trabajar 1 ha	Suma 17 + 18						**$ 44.69**	
20. Costo Completo para trabajar 1 mz	0.7 * Valor 19						$ 31.28	
21. Costo completo por horas de trabajo	Valor 19							
	Tiempo requerido por ha						**$ 27.93**	
22. Costo completo para area total trabajada (0.2 ha)							$ 8.94	
23. Costo total de chapodadora y rastra							**$ 17.63**	
24. Costo de combustible							$ 47.80	
25.Costo total para adqusicion de maquinaria							**$ 75.4**	2759.59 919.86344
							$ 123.20	4509.07 1503.0234

Fuente: Propia.

Figura 24. Costos Tractor Kubota.

CALCULO DE COSTOS PARA TRACTOR, CON DATOS FAT

Tipo de máquina	Tractor Kubota serie ME-8200			**Año**	2010		
Potencia	80 Hp			Fecha de adquisión:	Diciembre, 2025	Precio:	$ 26,000.00
Valor actualizado	$ 26,000.00			Tiempo requerido por ha (horas/ha)		1	
Vida útil (años)	15			Necesidad de espacio (m2)		10	m2
Vida útil según trabajo (horas/ha)	15000			Factor de reparacion (horas/ha)		1	
Ocupación anual (horas/ha)	500			Factor de Mantenimiento		0.1	
Costo de operación	40.00	$/hora		Tasa de interes (%)		10%	

					Costos en dólares	
					Por año	Por hora/ha
COSTOS FIJOS						
1. Depreciación	Valor actualizado / Años de vida util	$ 26,000.00 / 15		$	1,733.33	
2. Intereses	Tasa de interes (%) de 0.6 * Valor actualizado			$	1,560.00	
3. Alquiler Galerón	X m² a 300 $/m²					
4. Seguros y tasas						
5. Total costos fijos/año	Suma 1 + 2 + 3 + 4			$	3,293.33	
6. Costos fijos por unidad de trabajo	Valor 5 / Ocupación Anual					6.59
COSTOS VARIABLES						
7. Reparaciones	Valor actualizado * factor reparación / vida útil según trabajo					$ 1.73
8. Mantenimiento	0.1 horas a	50	$/hora			$ 5.00
9. Combustible	26.5 litros a		$/litro			$ -
10. Lubricantes	0.24 litros a	15	$/litro			$ 3.60
11. Total costos variables por unidad de trabajo	Suma 7+8+9+10					$ 10.33
12. Total costos fijos y variables por unidad de trabajo	6+11					$ 16.92
13. Administración y riesgo	20% del valor 12					$ 0.85
14. Costo máquina sola sin operador	Suma 12 + 13					$ 17.77
15. Costo operación (solo para máquinas automotrices)						$ 40.00
16. Costo máquina + operador	Suma 14 + 15					$ 57.77
COSTOS PARA REALIZAR EL TRABAJO CON TRACTOR E IMPLEMENTO						
17. Tractor con operador por ha	Tarifa del tractor con operador ($/Hora)*tiempo requerido en horas/ha					
18. Implementos	($/ha) Sin operador = Valor 14					
19. Costo Completo para trabajar 1 ha	Suma 17 + 18					
20. Costo Completo para trabajar 1 mz	0.7 * Valor 19					
21. Costo completo por horas de trabajo	Valor 19 / Tiempo requerido por ha					

Fuente: Propia.

Anexo 31.

Figura 25. Costos Energía para riego.

COSTOS DE ENERGIA

DATOS		
BOMBA	3	HP
CANTIDAD DE DIAS		
3 MESES	90	DIAS
HORAS DE USO AL DIA		
2	HORAS	

HP	KW
1	0.746

CALCULO POTENCIA	
2.238	KW

HORAS DE USO AL AÑO	
180	HORAS

CONSUMO DE ENERGIA EN 90 DIAS	
402.84	KW

POTENCIA ELECTRICA	
2.63294118	

CONSUMO DE ENERGIA	
473.929412	KW/AÑO

COSTO TOTAL	
61.6108235	DOLARES
2254.95614	CORDOBAS

Fuente: Propia.

Figura 26. Costo Mano de obra.

FECHA	LABOR	HRS TRABAJADAS	TRABAJADORES	PAGO X HORAS TRABAJADAS	PAGO TOTAL
20/1/2026	LEVANT. TOPOGRAF	1	1	600	600
6/2/2026	SIEMBRA	4	3	150	450
17/2/2026	FUMIGACION	5	1	187.5	187.5
20/2/2026	FERTILIZACION	6	3	225	675
3/3/2026	RETIRO MALEZAS	3	3	112.5	337.5
4/3/2026	FUMIGACION	2	1	75	75
4/3/2026	FERTILIZACION	2	3	75	225
10/3/2026	FERTILIZACION	1	2	37.5	75
18/3/2026	FERTILIZACION	2	3	75	225
24/3/2026	FUMIGACION	2	1	75	75
26/3/2026	FERTILIZACION	2	3	75	225
9/4/2026	ACLAREO AGRICOLA	4	3	150	450
13/4/2026	ACLAREO AGRICOLA	1	2	37.5	75
15/4/2026	RETIRO MALEZAS	3	2	112.5	225
12/5/2026	CORTE DE MATA	2	3	75	225
13/5/2026	FUMIGACION	1	1	37.5	37.5
TOTAL					4162.5

Fuente: Propia.

11.5. Cosecha

Anexo 32.

Figura 27. Corte de la mata.







Fuente: Propia.

Anexo 33.

Figura 28. Cosecha de maíz.



Fuente: Propia.

Anexo 34.

Figura 29. Pesaje de las mazorcas de maíz.



Fuente: Propia.