

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



SISTEMA EXPERTO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE NUTRIENTES
EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO. EMPRESA ANA BANANA
S.A.C. PIURA 2019

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

AUTOR

ARNALDO RAFAEL CASTRO MAZABEL

ASESOR

LUIS AUGUSTO ZUÑE BISPO

<https://orcid.org/0000-0001-7838-8656>

Chiclayo, 2021

**SISTEMA EXPERTO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE NUTRIENTES
EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO. EMPRESA ANA BANANA
S.A.C. PIURA 2019**

PRESENTADA POR:

ARNALDO RAFAEL CASTRO MAZABEL

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR:

Mariana Chavarry Chankay
PRESIDENTE

Maria Garcia Aranguri
SECRETARIO

Luis Augusto Zuñe Bispo
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres, por brindarme su apoyo permanente y el ejemplo de perseverancia y responsabilidad a lo largo de mi vida universitaria.

De manera especial a mi mamá Vinita, por ser el motor de mi vida y por brindarme su apoyo de manera incondicional durante el transcurso de toda mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen Santísima por concederme la vida y sabiduría, permitiéndome culminar la presente investigación y alcanzar mi meta con éxito.

A mi familia por ser luz y sostén de mis decisiones, haciendo de esta manera posible seguir adelante hasta cumplir mi objetivo fundamental en la vida; ser profesional.

A mi asesor: Mgtr. Luis Augusto Zuñe Bispo, por ser mentor y fuente de conocimientos fundamentales y esenciales, los mismos que fueron aprovechados para la presente investigación, por último y no menos importante agradecer a los miembros del jurado por sus valiosos aportes.

A los trabajadores de la empresa Ana Banana S.A.C., por brindarme su valioso tiempo para el logro de los objetivos plateados en mi investigación.

RESUMEN

El crecimiento de banano orgánico requiere de elementos importantes como los macronutrientes y los micronutrientes o microelementos, pero sólo en pequeñas o bajas cantidades para un crecimiento correcto de las plantas, suelen utilizarse cuando no pueden ser provistos por el suelo, pero en cantidades muy pequeñas.

Llegando a la formulación del problema general de investigación ¿De qué manera un sistema experto ayudara a determinar el nivel de nutrientes en los cultivos de banano orgánico en la empresa Ana Banana SAC Piura, 2019?, con la finalidad de que la metodología CommonKADS, se pueda resolver el objetivo general que es proponer un sistema experto basado en lógica difusa para la determinación del nivel de nutrientes en los cultivos de banano orgánico de la empresa Ana Banana SAC; el cual se logrará, identificando los nutrientes que contribuyen a la fertilización, diseñando un modelo basado en lógica difusa para la determinación del nivel de nutrientes en el banano y validando el modelo de lógica difusa para la precisión en la determinación de nutrientes.

La metodología CommonKADS será utilizada puesto que está diseñada para el análisis y construcción de sistemas basados en conocimientos, mediante la integración de modelos, también se utilizará el sistema basado en lógica difusa con el fin de poder cumplir los objetivos propuestos; obteniendo como resultado un sistema experto basado en 26 reglas por la lógica difusa, logrando obtener el nivel óptimo de nutrientes que requiere la planta de banano consiguiendo una cosecha favorable para la posterior exportación que realice la empresa.

PALABRAS CLAVE: Banano orgánico, nutrientes, sistema experto, CommonKADS, lógica difusa.

ABSTRACT

The growth of organic banana requires important elements such as macronutrients and micronutrients or microelements, but only in small or low amounts for proper plant growth, they are often used when they cannot be supplied by the soil, but in very small amounts.

Coming to the formulation of the general research problem, how would an expert system help determine the level of nutrients in organic banana crops in the company Ana Banana SAC Piura, 2019 ?, in order that the CommonKADS methodology, can solve the general objective that is to propose an expert system based on fuzzy logic for the determination of the level of nutrients in the organic banana crops of the company Ana Banana SAC; This will be achieved by identifying the nutrients that contribute to fertilization, designing a model based on fuzzy logic for determining the level of nutrients in bananas, and validating the fuzzy logic model for precision in determining nutrients.

The CommonKADS methodology will be used since it is designed for the analysis and construction of knowledge-based systems, through the integration of models. The logic-based system will also be used in order to meet the proposed objectives; obtaining as a result an expert system based on 26 rules by fuzzy logic, achieving the optimum level required by the banana plant, achieving a favorable harvest for the subsequent export by the company.

KEYWORDS: Organic banana, nutrients, expert system, CommonKADS, diffuse logic.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	MARCO TEÓRICO	16
2.1.	ANTECEDENTES.....	16
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	16
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES.....	17
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES.....	18
2.2.	BASES TEÓRICO CIENTÍFICAS.....	18
2.2.1.	SISTEMA EXPERTO	18
2.2.2.	METODOLOGÍA COMMONKADS.....	20
2.2.3.	LÓGICA DIFUSA.....	20
2.2.4.	BANANO ORGÁNICO.....	21
2.2.5.	SUELO	22
2.2.6.	FERTILIZACIÓN.....	24
III.	METODOLOGÍA	27
3.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.1.1.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	27
3.3.	POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO	29
3.3.1.	POBLACIÓN	29
3.3.2.	MUESTRA.....	29
3.4.	CRITERIOS DE SELECCIÓN	29
3.4.1.	CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	29
3.4.2.	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	29
3.5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	30
3.5.1.	VARIABLES.....	30
3.5.2.	INDICADORES (OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES)	31

	8
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	32
3.7. PROCEDIMIENTOS	32
3.7.1. METODOLOGÍA DE DESARROLLO	32
3.7.2. ANÁLISIS DE RIESGOS.....	34
3.7.3. PRODUCTO ACREDITABLE	35
3.7.4. MANUAL DE USUARIO	35
3.8. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	35
3.9. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	37
3.10. CONSIDERACIONES ÉTICAS	38
IV. RESULTADOS	39
4.1. EN BASE A LA METODOLOGÍA UTILIZADA.....	39
4.1.1. NIVEL #1: DE CONTEXTO.....	39
4.1.2. NIVEL #2: DE CONCEPTO	61
4.1.3. NIVEL #3: DE IMPLEMENTACIÓN.....	82
4.2. EN BASE A LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	89
4.2.1. IDENTIFICAR LOS NUTRIENTES QUE CONTRIBUYEN A LA FERTILIZACIÓN DEL BANANO ORGÁNICO.....	89
4.2.2. DISEÑAR UN MODELO BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE NUTRIENTES EN EL BANANO ORGÁNICO	92
4.2.3. VALIDAR EL MODELO DE LÓGICA DIFUSA PARA LA PRECISIÓN EN LA DETERMINACIÓN DE NUTRIENTES	95
4.3. IMPACTOS ESPERADOS.....	101
4.3.1. IMPACTOS ECONÓMICOS.....	101
4.3.2. IMPACTOS SOCIALES.....	101
4.3.3. IMPACTOS EN TECNOLOGÍA	101
4.3.4. IMPACTOS AMBIENTALES.....	102
V. DISCUSIÓN.....	103
VI. CONCLUSIONES.....	105
VII. RECOMENDACIONES	106

VIII. LISTA DE REFERENCIAS	9 107
IX. ANEXOS	110
ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS.....	110
ANEXO N° 02. ANÁLISIS DE RIESGOS	111
ANEXO N° 03. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	117
ANEXO N° 04. MANUAL DE USUARIO.....	118

LISTA DE TABLAS

TABLA I. INDICADORES	31
TABLA II. TECNICA EINSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	32
TABLA III. MATRIZ DE CONSISTENCIA	37
TABLA IV . DESCOMPOSICIÓN DEL PROCESO DE NEGOCIO	45
TABLA V. ACTIVOS DE CONOCIMIENTO.....	46
TABLA VI. HOJA DE TRABAJO.....	47
TABLA VII. TAREA 1.1	48
TABLA VIII. TAREA 1.2	49
TABLA IX. TAREA 1.3	50
TABLA X. TAREA 1.4	51
TABLA XI. TAREA 1.5	52
TABLA XII. TAREA 1.6.....	53
TABLA XIII. TAREA 1.7	54
TABLA XIV. CONOCIMIENTO 1.1	55
TABLA XV. CONOCIMIENTO 1.2.....	56
TABLA XVI. CONOCIMIENTO 1.3	57
TABLA XVII. CONOCIMIENTO 1.4.....	58
TABLA XVIII. CONOCIMIENTO 1.5.....	59
TABLA XIX. CONOCIMIENTO 1.6	60
TABLA XX. MODELO DE AGENTES	61
TABLA XXI. NITRÓGENO	63
TABLA XXII. REGLA 1	63
TABLA XXIII. REGLA 2.....	64
TABLA XXIV. FOSFORO.....	64
TABLA XXV. REGLA 3.....	65
TABLA XXVI. REGLA 4	65
TABLA XXVII. REGLA 5	66
TABLA XXVIII. POTASIO	67
TABLA XXIX. REGLA 6	68
TABLA XXX. REGLA 7.....	68
TABLA XXXI. REGLA 8	68
TABLA XXXII. REGLA 9.....	69
TABLA XXXIII. REGLA 10.....	69

TABLA XXXIV. REGLA 11.....	70
TABLA XXXV. MAGNESIO	70
TABLA XXXVI. REGLA 12.....	70
TABLA XXXVII. REGLA 13	71
TABLA XXXVIII. CALCIO	72
TABLA XXXIX. REGLA 14.....	73
TABLA XL. REGLA 15	73
TABLA XLI. REGLA 16.....	74
TABLA XLII. AZUFRE	74
TABLA XLIII. REGLA 17	75
TABLA XLIV. REGLA 18.....	75
TABLA XLV. BORO	76
TABLA XLVI. REGLA 19.....	76
TABLA XLVII. HIERRO.....	77
TABLA XLVIII. REGLA 20	77
TABLA XLIX. MANGANESO	77
TABLA L. REGLA 21.....	78
TABLA LI. REGLA 22	78
TABLA LII. ZINC.....	78
TABLA LIII. REGLA 23.....	79
TABLA LIV. REGLA 24.....	79
TABLA LV. REGLA 25	80
TABLA LVI. COBRE	80
TABLA LVII. REGLA 26	81
TABLA LVIII. MODELO DE COMUNICACIÓN.....	82
TABLA LIX. PORCENTAJE DE NUTRIENTES	91
TABLA LX RESULTADOS DEL SISTEMA.....	99
TABLA LXI. INTERESADOS EXTERNOS.....	111
TABLA LXII. INTERESADOS EXTERNOS	112
TABLA LXIII. RIEGOS NIVEL CONTEXTO.....	114
TABLA LXIV. RIESGOS NIVEL CONCEPTUAL	116

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1 ARQUITECTURA BASICA DE UN SE	42
FIG. 2 CLONES DEL BANANO.....	62
FIG. 3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	81
FIG. 4 BASE DE DATOS.....	83
FIG. 5 INTERFAZ SECUNDARIA DE MACRONUTRIENTES	83
FIG. 6 INTERFAZ NITRÓGENO	84
FIG. 7 INTERFAZ FOSFORO.....	84
FIG. 8 INTERFAZ POTASIO.....	85
FIG. 9 INTERFAZ MAGNESIO.....	85
FIG. 10 INTERFAZ AZUFRE	86
FIG. 11 INTERFAZ DE CALCIO.....	86
FIG. 12 INTERFAZ BORO	87
FIG. 13 INTERFAZ DE HIERRO.....	87
FIG. 14 INTERFAZ DE MANGANESO	88
FIG. 15 GRÁFICOS DE PORCENTAJE	88
FIG. 16 COMPARACIÓN DE RESULTADOS	89

I. INTRODUCCIÓN

La demanda y la producción han incrementado los últimos años siendo en el 2015 el mayor productor de banano orgánico República Dominicana y Ecuador según la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica (IFOAM). [1].

A nivel nacional el banano orgánico conocido con el nombre científico de *Musa sp.*, se caracteriza por ser un cultivo de valiosa alternativa alimenticia y en algunos países es un importante generador de ingresos económicos. Perú en el último periodo de producción, se ha insertado en la comunidad de países exportadores de banano orgánico, siendo los principales departamentos de producción: La Libertad (2%), Lambayeque (4%), Piura (81%), Tumbes (13%). [2].

El Perú, cuenta a nivel de fertilidad, con formas nitrogenadas (N. Orgánico, Nítrico, Amoniaco, Kjeldahl), su estructura tiene bases de cambio (Ca, Mg, K y Na); Capacidad de intercambio catiónico, etc. [3].

De este modo a nivel departamental, según los estudios realizados el banano orgánico tiene una gran importancia en Piura, debido a las exportaciones que involucran a un cuarto de la población, 7 mil familias agrícolas, generando más de 20 mil empleos indirectos, cuenta con 7 mil hectáreas de producción, Piura genera 120 millones de dólares en exportaciones, a consecuencia de 9 mil contenedores y 160 mil toneladas producidas; expresó Reynaldo Hilbck Guzmán, el gobernador regional, durante la apertura del IV Congreso Internacional de Banano Orgánico Perú 2015 (CIBAN). [4].

Según CREPESER, Piura carece de óptimos niveles de nitrógeno (N), potasio (K) y un Ph básico. [5] Asimismo, a nivel local en la provincia de Morropón a tan sólo 78 km de la ciudad de Piura y 130 km al puerto de Paita, se encuentra la empresa Ana Banana la cual produce Cavendish Williams, banano orgánico utilizando 20 de sus 70 hectáreas, dicho banano se caracteriza por ser rico en minerales como potasio, magnesio y ácido fólico como también por tener un sabor dulce.

Unos de los fines de dicha empresa es producir banano orgánico de primera calidad mediante un manejo sostenible de los recursos naturales y la mejora de calidad de vida de sus colaboradores y familiares.

Siendo de gran importancia la programación de la fertilización en la fase vegetativa del banano, ya que en ella es la principal manera de poder nutrir a la planta, de ello depende su crecimiento óptimo, la cual será la base para la fertilización con el porcentaje de nutrientes requeridos para el suelo. [6].

Si el suelo se encuentra abastecido con abundantes nutrientes entonces los cultivos crecerán mejor y probablemente producirán mayores rendimientos y frutos. Si escasease uno solo de los nutrientes que son necesarios, el crecimiento de las plantas se vería afectado de tal manera que los cultivos son reducidos. Por ello los fertilizantes son necesarios para los cultivos. [7].

La empresa Ana Banana S.A.C está ubicada en un área caracterizada por un suelo altamente fértil. La compañía produce sus propios fertilizantes, como residuos de cosecha, humus de lombriz, bioles, biofermentos, entre otros; a pesar de ello, no logra proporcionar al suelo los nutrientes necesarios para el crecimiento óptimo y rápido de los bananos orgánicos.

El crecimiento de banano orgánico requiere de elementos importantes como los macronutrientes y los micronutrientes o microelementos, pero sólo en pequeñas o bajas cantidades para lograr un crecimiento correcto de las plantas, los cuales suelen utilizarse cuando no pueden ser provistos por el suelo, pero en cantidades muy pequeñas. Se considera que existe un equilibrio adecuado cuando los valores de la relación caen dentro de una zona de equilibrio que se obtiene al unir los rangos de variación del contenido foliar de cada nutriente considerados adecuados. Por el contrario, cuando se concentra demasiado fertilizante en un área pequeña, causa problemas de acidificación y una alta concentración de sales que pueden afectar la calidad del suelo. [7].

Por falta del análisis de suelo y de una fertilización con nutrientes exactos para los cultivos puede resultar insuficiente o excesivo, pudiendo traer consigo consecuencia de pérdidas económicas, deterioro y contaminación ambiental. Es por ello y por todo lo antes mencionado donde deriva la importancia de qué manera un sistema experto ayudaría a determinar el nivel de nutrientes en los

cultivos de banano orgánico en la empresa Ana Banana S.A.C. Piura ,2019; para la fertilización equilibrada y obtener una buena producción [8], haciéndose necesaria la correcta planificación de dicho procedimiento mediante el planteamiento de los objetivos de la investigación que son analizar, identificar y diseñar un sistema experto basado en lógica difusa posteriormente validarlo y calcular el sistema para que pueda ayudar a determinar el nivel de nutrientes en los cultivos de banano orgánico de manera correcta.

La presente tesis está dividida en nueve 9 capítulos: I) Introducción, II) Marco teórico, III) Metodología, IV) Resultados V) Discusión, VI) Conclusiones, VII) Recomendaciones, VIII) Lista de referencias y IX) Anexos.

En el Capítulo I se narra la introducción del trabajo de investigación, teniendo en cuenta los datos que garantizan una solución inmediata a la situación problemática planteada, para precisar el nivel óptimo de los nutrientes en las cosechas del banano orgánico. Simultáneamente para tener información histórica y referencial se considera el marco teórico, mostrado en el Capítulo II, se muestran definiciones de los términos que no son claros y trabajos de investigación que ayudan a tener una visión más clara en la solución utilizando la ayuda de un sistema experto. En el Capítulo III, hablamos sobre la metodología CommonKADS usada en la investigación, considerando el tipo, nivel y diseño del trabajo. En el Capítulo IV, se desplegaron los 3 niveles de la metodología CommonKADS, el primer nivel analizaremos el estado actual de la organización, el segundo nivel comprenderemos el concepto de la organización y por último en el tercer nivel detallaremos el diseño del sistema experto, seguidamente se explica la forma en que se cumplieron los objetivos específicos, finalmente se muestra el impacto del trabajo de investigación. En el Capítulo V se analizará la consistencia de los objetivos específicos, mostrando las bases teóricas usadas para el desarrollo de cada uno de ellos. Capítulo VI se verán las conclusiones obtenidas luego del desarrollo del sistema experto, teniendo en cuenta cada objetivo planteado en la investigación. En el Capítulo VII se indican algunas recomendaciones que los investigadores futuros pueden tener en cuenta para un desarrollo más preciso de su trabajo de investigación.

Finalmente, en el Capítulo VIII se muestra la lista de referencias que se incluyen en el desarrollo de la investigación y en el Capítulo IX se presentan los anexos.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Se han considerado para esta investigación los siguientes antecedentes:

2.1.1. Antecedentes internacionales

Vera [9], describe la problemática de la hacienda bananera Isabel María la cual indica que el programa de fertilización es aplicado sin utilizar exámenes de suelo y foliar. Se realizarán dos tratamientos, considerando la tecnología nutricional propuesta comparado con el programa nutricional que el productor viene ejecutando, consiguiendo obtener el proceso de fertilización en el cultivo para poder reconocer el tipo de fertilización que requiere el banano. El valor agregado de esta investigación es la propuesta de establecer un programa de fertilización como alternativa técnica de producción en la hacienda. Finalmente, los autores concluyeron que en comparación con la situación detectada dicho programa de fertilización aplicado en la actualidad, la empresa mantiene una producción de 1112 cajas exportables por hectáreas al año, además de asegurar un diagnóstico foliar y de nutrientes. La razón por la que se considera la investigación mencionada es porque muestra una propuesta de metodología para el equilibrio de nutrientes y foliar en las cosechas de banano.

Del trabajo de Jaramillo [10], analiza el procesamiento de conocimiento impreciso mediante un sistema experto, mediante la metodología CommonKADS y lógica difusa debido a que presenta conocimiento ambiguo, porque este conocimiento presenta características difíciles de procesar con los métodos basados en reglas con contenido discreto. El valor agregado de este trabajo de investigación es el uso del algoritmo lógica difusa para poder operar el conocimiento procesado en el

método CommonKADS. Finalmente se llegó a la conclusión que el procesamiento de conocimiento difuso es pertinente para ser aplicado en ámbitos donde se presenten inconsistencias en las decisiones. Esta tesis se consideró debido a que utiliza la metodología CommonKADS para el análisis y construcción de sistemas de conocimiento mediante la lógica difusa, metodología que será utilizada en mi trabajo de investigación.

Del trabajo de Martínez y Andrade [11], analiza la instalación de un sistema agrícola que requiere conocimiento tanto del tipo de cultivo como de análisis del terreno para poder obtener así mayores beneficios, se desarrolló todo mediante la integración de la lógica difusa a modelos realizados con dinámica de sistemas con el fin de apoyar las decisiones de los agricultores. El valor agregado de esta investigación es la utilización de la lógica difusa en la evaluación de terrenos, siendo de vital importancia ya que ayuda a minimizar los posibles errores de los expertos, que viene hacer lo difuso las características del que se estudia y la lógica le da veracidad. Tiene relación con mi trabajo de investigación puesto que aplica sistemas basados en lógica difusa en el mismo escenario de mi investigación, el campo agrícola, utilizando como base el conocimiento de los expertos para la validación de las variables difusas que representan el terreno de cultivo.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Del trabajo de Niquin, Vergara, Calderón [12], se extrajo la solución de analizar el abono y fertilización del banano mediante la utilización de la teoría de conjuntos difusos. Se considera esta investigación para utilizar la técnica de inteligencia artificial de Lógica Difusa para el desarrollo de la aplicación.

Lozano [13] detalla cómo se desarrolla un sistema de control de temperatura de residuos orgánicos de los cultivos, mediante la metodología de lógica difusa y un software Matlab, la relación que tiene con mi investigación es el uso de lógica difusa como herramienta eficaz en

el manejo de variables y el actual funcionamiento para obtener el resultado en menor tiempo y costo para la empresa agrícola.

2.1.3. Antecedentes locales

Soto [14] narra el uso de imágenes hiperespectrales para tener un análisis rápido y preciso en la evaluación de la calidad de los granos de cacao teniendo en cuenta las grietas y los cambios del color interno, utilizando la lógica difusa para la comparación de granos de cacao asociándolos a un grano bueno, parcial o malo. La relación que tiene con mi tesis es que utiliza la lógica difusa la comparación de nutrientes adecuada en los terrenos de cultivos para un fruto adecuado.

Ventura y Marrufo [15] analiza una herramienta tecnológica que se enfoque en evaluar plantas de café por medio de los síntomas que presenta la hoja; utilizando la metodología de lógica difusa para el diagnóstico de deficiencias nutricionales de la planta de café, la relación que tiene con mi investigación es que la lógica difusa será utilizada con el mismo fin de diagnosticar la deficiencia de nutrientes en la planta de banano.

2.2. Bases teórico científicas

2.2.1. Sistema experto

2.2.1.1. Definición de sistema experto

Los Sistemas Expertos es un programa donde aplica algunos conceptos sobre inteligencia artificial. El propósito de este programa es poder capturar la experiencia de un experto en un área determinada, con la finalidad de que una persona no experta en dicha área pueda aprovechar y manejar la información. [16]

2.2.1.2. Arquitectura de un sistema experto

Existen tres elementos principales para la elaboración de un sistema experto.

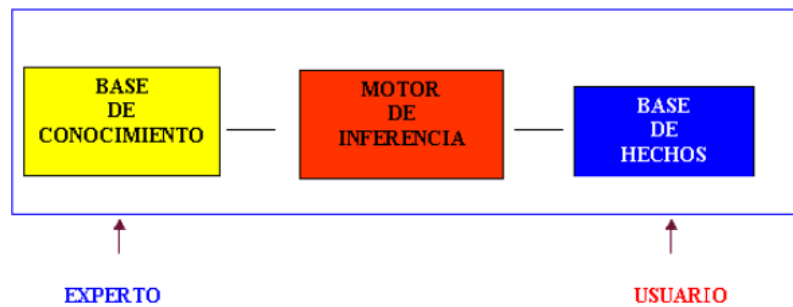


Figura 1: Arquitectura básica de un sistema experto [17]

La base de conocimiento es una estructura en la cual se almacena de un tema en particular una gran cantidad de información con la que trabaja la aplicación; mientras que la base de hechos es una memoria auxiliar que contiene el problema a solucionar y los resultados obtenidos a lo largo de todo el proceso. El motor de inferencia es el motor del sistema experto, ya que, construye los razonamientos basándose en la base de conocimientos, ejecutando las interfaces que son las deducciones en base a la base de hechos [17].

2.2.1.3. Aplicación de sistemas expertos

Las apariciones de las aplicaciones de la tecnología de los sistemas expertos encuentran su importancia en la mayoría de los trabajos del conocimiento, pues dan solución a problemas industriales y comerciales; dichas aplicaciones se agrupan en siete importantes clases: [18]

- a) Interpretación: deducen la descripción de situaciones por medio de sensores de datos. Estos utilizan datos reales, con ruidos, con errores, incompletos etc. Ejemplos: reconocimiento de voz, medición de temperatura, análisis de señales etc.
- b) Planeación: diseñan un curso de acción completo, la tarea se divide en subconjunto de tareas. Ejemplos: comunicaciones, transferir material de un lugar a otro, planificación financiera, ruteo.

- c) Configuración: donde se da una solución a un problema, se simplifica a partir de un conjunto dado de elementos unidos por un conjunto de necesidad. Ejemplo: problemas de diseño, fabricación.
- d) Decisión Financiera: la industria de los servicios financieros ha sido un usuario vigoroso de técnicas de sistemas expertos.
- e) Publicación del conocimiento: la función principal del sistema experto es proporcionar conocimiento que sea relevante para el problema del usuario.
- f) Vigilancia y control del proceso: los sistemas analizan datos en tiempo real de dispositivos físicos con el objetivo de poder obtener anomalías, predecir tendencias y controlar la corrección del incidente.
- g) Diseño y fabricación: ayudar en el diseño de dispositivos y de procesos físicos; así como el diseño de altas entidades como es la configuración de procesos de la fabricación.

2.2.2. Metodología commonKADS

CommonKADS es una metodología para la construcción y análisis de sistemas de conocimiento, incluye la experiencia y conocimiento de la persona experta, el cual tiene dominio en el sistema tratado, esta metodología resuelva problemas como los haría la persona experta. [19]

2.2.3. Lógica difusa

La lógica difusa permite poder interpretar un conocimiento común para poder ser representada, que es mayormente de tipo cualitativo, el cual se refiere a un lenguaje matemático que es desarrollada a través de los conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos. La lógica difusa se refiere a los principios formales del razonamiento, considerando un razonamiento límite como un caso limitante. [20]

2.2.4. Banano orgánico

Con el 30% a nivel mundial el banano orgánico es una de las frutas que tiene la mayor exportación, con el 23% le sigue los cítricos y con 17% las mazanas. En año 2012 las exportaciones del banano orgánico bordearon los 19 millones de toneladas y superaron los 18 millones de toneladas en importaciones.

2.2.4.1. Tipos de banano orgánico [21]

- a) Gros Michel: Se cultiva en Colombia y Ecuador es una de las primeras variedades cultivadas para exportación, sin embargo, está siendo reemplazada por 'Cavendish'. Se caracteriza por ser una planta de frutos de gran tamaño, de maduración muy homogénea y en forma de botella.
- b) Plátano guineo: Oriundo del Asia sudoriental, actualmente Brasil y Kenia su nombre científico es *Musa paradisiaca* lo exportan durante todo el año. Tiene un cierto sabor a manzana y mide de 8 a 10 cm.
- c) Plátano macho: También se llama banana grande o de guisar. Es un alimento básico en muchos de los países tropicales, por lo que no es muy conocido en Europa. Por lo general se prepara cocido, frito, a la plancha o en papilla, pero no se come crudo. Por lo general, es más grande y angular que los bananos estándar.
- d) Plátano rojo: Preferiblemente se consume caliente, es una especie rara de ver de la parte sudoriental de Asia, porque el calor acentúa las cualidades gustativas de la pulpa roja. Presenta una piel rosa, roja o con mezcla de verde.

PRINCIPALES CLONES DE PLÁTANO PRODUCIDOS EN EL PERÚ

Subgrupo	Grupo Genómico	Nombres en Perú	Sinónimo Internacional
Canvendish	AAA	Cavendish Gigante, Congo	C.Gigante
		Valery Montecristo	Lacatán
		Viejilla, enano	Pequeña Enana
Gros Michel	AAA	Seda (negro), Guayaquil	Gros Michel
	AAA	Bizcocho (Moquicho)	Lady's finger, Sucrier
French Plantain	AAB	Inguri, ordinario	French Plantain
Horn, Corn	AAB	Bellaco	Horn Plantain
Silk, Prata	AAB	Manzano	Slik
Bluggoe	AAB	Sapo, Sapino	Bluggoe
	AAB	Colombiano, Pelipita	Pelipita
Maia-Maoli	AAB	Palillo, Guayabo, Capirona	Maqueño
Iholena	AAB	Isla	Iholena

Fig. 2. Clones del banano [22]

2.2.5. Suelo

Los suelos que presentan un textura franco-arenosa, franco arcilloso, franco limoso, son aquellos que son aptos para el desarrollo del cultivo del banano. Debiendo ser fértiles y profundos de 1 a 2 metros, bien drenados y ricos especialmente en materias nitrogenadas. Los suelos ricos en potasio son los preferidos para el cultivo del banano o los obtenidos por la roturación de los bosques, el distrito de mayor extensión en la provincia de Morropón es el de Matanza con 1 039 46 km² [23].

2.2.5.1. Origen y formación de los suelos

Los suelos del Alto Piura están formados por materiales transportados, formando comúnmente, depósitos aluviales y eólicos y, en sectores más restringidos depósitos coluviales. La provincia de Morropón tiene tres pisos ecológicos: [23]

- a) La zona baja: Tiene áreas extensas agrícolas muy planas, clima cálido y ceso, bosques secos y cerros de baja altura

y laderas con vegetación, en esta zona es donde se realizará la investigación ya que es donde se encuentra ubicada la empresa Ana Banana S.A.C.

- b) La zona media: Tiene áreas productivas sobre laderas, su clima es muy húmedo, bosques muy espesos, y abundante vegetación.
- c) La zona alta: Tiene terrenos agrícolas muy empinados, el clima es muy húmedo y lluvioso y nublado, bosques muy húmedos.

2.2.5.2. Clasificación de los suelos

Los suelos del Alto Piura de acuerdo al sistema de clasificación clásico se encuentran ubicadas en los órdenes azonal e intrazonal: [24]

- a) Orden Azonal: En este orden encontramos, en la parte alta del valle del río Piura, dos grandes grupos de suelos
 - 1. Regosoles
 - a. Regosoles húmedos: Son suelos de textura arenosa y profundos, hasta 160 centímetros y distribuidos dentro del área agrícola de valle
 - b. Regosoles Desérticos: Son suelos de textura arenosa y suelta, profundos, con micro relieve plano ondulado, no soportan en la actualidad ningún tipo de agricultura.
 - 2. Aluviales
 - a. Aluviales Irrigados: Estos suelos se distribuyen en su mayor extensión, dentro del área agrícola del valle
 - b. Aluviales Desérticos (seco): Estos suelos son de morfología esquelética y su capacidad para propósitos agrícolas está vinculada al grado y contenido de material fino, además que sus

condiciones de aridez sean subsanadas mediante la aplicación de agua de riego.

- b) Orden Intrazonal: En este orden se encuentran en la parte alta del valle o zona montañosa a (800-1000 msnm), ocupando las laderas empinadas. Presentan un horizonte muy débilmente desarrollado, espeso y oscuro, descansando o en transición sobre roca consolidada o fragmentada.

2.2.6. Fertilización

El crecimiento y rendimiento óptimo del cultivo son una de las principales restricciones para la fertilidad del suelo. El uso correcto del nivel de nutrientes puede manejar de manera favorable la fertilidad del suelo, el agricultor cumple con la función de prevenir posibles problemas con el uso correcto de nutrientes respecto a la tasa y al tipo de aplicación [25].

2.2.6.1. Elementos que precisan la fertilización en el banano

- El clima con temperatura cálida y humedad relativa es adecuado con la elevación sobre el nivel del mar.
- Suelos con nutrientes químicos y minerales y morfológicas propiedades.
- Drenaje del suelo interno o externo.
- Nutrición, como nutrientes más importantes para el banano son el Zinc, Nitrógeno, Potasio, Nitrógeno y se debe tener en cuenta o monitorear el azufre en la etapa inicial de la planta.

2.2.6.2. Fertilización Química

- a) Fertilización con Nitrógeno (N): La escasez de nitrógeno en los suelos ocasiona en la planta un crecimiento lento, produciendo hojas amarillas y fruta pequeña, es esencial formación los aminoácidos, proteínas, ácidos

nucleicos, etc. Son esenciales para el crecimiento del banano vigoroso y de fruta grande y bien formada [26].

- b) Fertilización con fósforo (P): Su importancia del fosforo decrece después de la tercera cosecha, pero es indispensable en el establecimiento de la plantación, este nutriente cumple con la función de buffer de pH, controla los almidones durante la madurez del fruto [19]. Durante el desarrollo la madre transfiere cantidades de P al hijo es por ellos que se requiere de pequeñas cantidades relativamente de P [26].
- c) Fertilización con potasio (K): La carencia de potasio da como resultado una fruta de bajo peso, corta, delgada y muy susceptible a la madurez temprana. La deficiencia de K es quizá el factor nutricional que causa el mayor daño a la industria bananera a nivel internacional. Se requiere entre 650 a 900 kg de K/ ha [26].

2.2.6.3. Fertilización Orgánica

Este medio de fertilización son de origen animal y vegetal que son preparados por las fincas, la mayoría recurre a las lombrices rojas como origen animal es por ellos que este tipo de fertilización deben pasar por procedimiento de descomposición adecuados antes de ser usados, pueden contener sustancias contaminantes [27].

- a) Abono Bocashi: Abono fermentado es el significado de la palabra “Bocashi” proviene del idioma japonés. Para la preparación de este fertilizante, se requiere un ambiente protegido de rayos ultravioletas, el viento o las lluvias, ya que en el proceso de fermentación puede generar pérdida de nutrientes; el piso debe estar nivelado y si es posible de cemento o tierra firme.
- b) Lombricultura: Este tipo de abono son ricos en macro y microelementos y además poseen una carga microbiana de unos 200.000 millones por gramo, mediante esta técnica se

utiliza la reproducción de lombrices en cautiverio para que puedan producir humus líquidos y sólidos.

La lombriz de mayor resistencia y gran voracidad y reproductora es la roja californiana, tiene un tamaño de 7 a 10 cm, posee seis riñones y cinco corazones, tiene un periodo de vida de 15 años, es adulta a los 3 meses y es hermafrodita imperfecta, pone un huevo cada 7 o 10 días pone un huevo.

El estado más avanzado en la descomposición de la materia orgánica es el humus y ayuda a mejorar las condiciones fisicoquímicas.

III. METODOLOGÍA

La metodología de la investigación se basa en el desarrollo de actividades, para el logro de los objetivos propuestos. Para el desarrollo de este trabajo de investigación se utilizará la metodología CommonKADS, ya que es la adecuada para la construcción de un sistema experto puesto que dicha metodología es el producto de diversos modelos que permiten agrupar conocimientos que son capturados del entorno y del sistema; como será estructurado y dirigido con el mismo fin en mi investigación.

Esta metodología permitirá la interpretación, la comprensión e identificación del conocimiento a sistematizar, integrando conceptos de planeación estratégica, en este trabajo dicha metodología ayudará a diferenciar los diversos puntos de vista del problema como es la determinación del nivel de nutrientes en el cultivo de banano orgánico [28].

3.1. Tipo y nivel de investigación

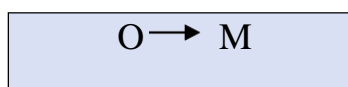
3.1.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación será de tipo cuantitativo ya que lleva un orden secuencial reflejándose la necesidad de poder determinar el nivel de nutrientes, siguiendo un razonamiento de acuerdo al planteamiento del problema hasta el desarrollo de un procedimiento para aprobar la hipótesis planteada [29].

3.2. Diseño de investigación

De acuerdo a la investigación que se desarrollará y según los estudios realizados el año 2014 por Hernández, Fernández y Bautista [29], el diseño de contrastación que se utilizará será no experimental ya que los fenómenos observados no se manipularan, de corte transversal debido a que la detección de nutrientes se llevará a cabo en un tiempo determinado.

El diseño se diagrama como sigue:



Donde:

O = Observación de la muestra correspondiente (20 hectáreas de cosecha de banano)

M= Muestra de estudio (hojas de la planta de banano)

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Para el desarrollo de esta investigación, la población estará constituida por la Zona Uno la cual está conformada por 20 hectáreas donde se produce el banano orgánico, dicha Zona está ubicada en el Alto Piura, Perú, provincia de Morropón, a tan sólo 78 km de la ciudad de Piura y 130 km al puerto de Paita.

La población objeto del estudio estará constituida por:

✓ **ZONA N°1 = 20 hectáreas**

3.3.2. Muestra

La muestra para dicha investigación será las hectáreas por la cual está constituida la Zona Uno, de tal manera que pueda servir de ayuda y base para comprobar la efectividad del sistema experto concerniente a la determinación del nivel de nutrientes que necesita el banano orgánico.

3.4. Criterios de selección

La selección de la Zona para el estudio se realizará siguiendo los criterios de inclusión y exclusión.

3.4.1. Criterios de inclusión:

- Zona constituida por 20 hectáreas.
- Zona recién fertilizada.
- Zona con plantación de bananos en crecimiento.
- Zona con estudio de suelos previos.

3.4.2. Criterios de exclusión

- Zona con plantación de banano madura

3.5. Operacionalización de variables

3.5.1. Variables

Las variables que se utilizarán como elementos básicos en el desarrollo de la hipótesis se identifican de la siguiente manera:

3.5.1.1. Variable independiente

Sistema experto

3.5.1.2. Variable dependiente

Determinar el nivel de nutrientes en el cultivo del banano orgánico.

3.5.2. Indicadores (Operacionalización de variables)

Tabla I. INDICADORES

Objetivo específico	Indicador(es)	Definición conceptual	Unidad de medida	Instrumento	Definición operacional
Identificar los nutrientes que contribuyen a la fertilización del banano orgánico	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de nitrógeno adecuado para la fertilización Nivel de potasio adecuado para la fertilización. Nivel de fosforo adecuado para la fertilización. 	Nutriente: sustancia que asegura la conservación y crecimiento de un organismo.	Numero	Análisis de documento	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de nitrógeno adecuado para la fertilización /Nivel de nitrógeno en el fertilizante Nivel de potasio adecuado para la fertilización /Nivel de nitrógeno en el fertilizante Nivel de fosforo adecuado para la fertilización /Nivel de nitrógeno en el fertilizante
			Numero	Análisis de documento	
			Numero	Análisis de documento	
Diseñar un modelo basado en lógica difusa para la determinación del nivel de nutrientes en el banano orgánico.	<ul style="list-style-type: none"> Número de agrónomos con conocimiento en determinación de nutrientes del banano. Número de algoritmos de lógica difusa con éxito 	Lógica difusa: sistema utilizado para el tratamiento de la información.	Numero	Cuestionario	<ul style="list-style-type: none"> Numero de agrónomos con conocimiento en determinación de nutrientes del banano/número de agrónomos en la empresa Numero de algoritmos de lógica difusa con éxito/número de algoritmos de lógica difusa
			Numero	Análisis de documento	
Validar el modelo de lógica difusa para la precisión en la determinación de nutrientes.	<ul style="list-style-type: none"> Número de resultados eficientes que arroja la evaluación del modelo de lógica difusa. Número de pruebas efectuadas 	Precisión: fidelidad y exactitud para obtener resultados exactos.	Numero	Cuestionario	<ul style="list-style-type: none"> Número de resultados eficientes que arroje la evaluación del modelo de lógica difusa/ Número de resultados arrojados. Número de pruebas de validación y verificación al sistema / Numero de pruebas de evaluación al sistema.
			Numero	Lista de cotejo	

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Luego, en la siguiente tabla muestra las técnicas e instrumentos que fueron útiles para la recolección de datos.

Tabla II. TECNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas	Instrumentos	Elementos de la población	Propósito
Entrevista	Guía de preguntas	Trabajadores de producción	Para poder saber el procedimiento de nutrición que realizan a la tierra.
Encuesta	Cuestionario	Ingeniero y trabajadores de producción	Para poder obtener información de los niveles y tipos de nutrientes que utilizan.
Guía de observación	Lista de cotejo	Trabajadores de producción	Para observar el crecimiento de la planta según los nutrientes que tiene la tierra.

3.7. Procedimientos

3.7.1. Metodología de desarrollo

La metodología CommonKADS aplica para el análisis y construcción de sistemas basados en conocimientos, el cual para su desarrollo consta de niveles ideales para el manejo del conocimiento e información, además cada nivel cuenta con modelos que permiten realizar el análisis de los procesos, información y del conocimiento. [30].

A continuación, se mencionan las actividades que se realizaron en cada una de las iteraciones de la metodología a seguir, en este caso CommonKADS:

1. Nivel #01: De contexto

En este nivel permitió expresar diferentes perspectivas de la situación que se analizó mediante los siguientes modelos:

1.1. Modelo de Organización

El cual ayudó a realizar el análisis de las características principales de la organización donde se implementó el sistema experto, mediante los siguientes objetivos:

- Identificar los problemas presentes en la Zona.
- Descubrir las oportunidades que pudiera haber en la Zona.
- Establecer la factibilidad del sistema experto.
- Evaluar el impacto del sistema implementado.

1.2. Modelo de tareas

Tareas formadas por actividades y realizadas por el sistema, mediante:

- Análisis de cada actividad.
- Identificar como se relacionan las actividades a realizar.
- Determinar si los recursos y habilidades son los adecuados para el desarrollo del sistema.

1.3. Modelo de Agentes

El agente ejecutor del proyecto de investigación fue el sistema experto, el cual llevó a cabo la realización de las tareas propuestas, realizando:

- Descripción de las características del sistema experto.
- Evaluar las restricciones y la forma de actuar del agente.

2. Nivel #02: De concepto

En este nivel se describe el sistema que se realizó mediante las siguientes actividades:

2.2. Modelo de Conocimiento

Dicho modelo consistió en explicar los tipos y estructura del sistema experto para la ejecución de las tareas.

2.3. Modelo de Comunicación

Se detalla las interacciones que deben existir entre los agentes para lograr el mejor desempeño de la tarea propuesta.

3. Nivel #03: De implementación

3.1. Modelo de Diseño

Permitió especificar la arquitectura del sistema experto, como se va a implementar y que necesita para su construcción.

3.7.2. Análisis de riesgos

El análisis de riesgos en el desarrollo de esta tesis se lleva a cabo con la finalidad de identificar las fases, entregables y objetivos afectados durante desarrollo de la presente tesis, las mismas de detallan en el *Anexo N°02*.

3.7.3. Producto acreditable

1. Interfaces

Se construyeron las interfaces del sistema experto para determinar el nivel de nutrientes en el cultivo de banano orgánico haciendo uso del lenguaje JAVA, las mismas que se presenta en el *ítem 4.1.3. Nivel #3: De implementación*

2. Arquitectura

Se diseñó una arquitectura idónea para el funcionamiento del sistema experto para determinar el nivel de nutrientes en el cultivo de banano orgánico, el cual se detalla en el *ítem 4.1.3. Nivel #3: De implementación*.

3. Infraestructura tecnológica

Considerando la arquitectura anteriormente descrita, se definen las características de cada uno de sus componentes en el *ítem 4.1.3. Nivel #3: De implementación*

3.7.4. Manual de usuario

Se elaboró un manual de usuario con la finalidad de ayudar a los usuarios para la determinación de nutrientes en el cultivo de banano orgánico mediante un sistema experto, el cual se implementó, la cual se muestra en el *Anexo N.º 04*.

3.8. Plan de procesamiento y análisis de datos

Los datos se obtuvieron mediante la técnica de la entrevista, el cual permite obtener información de forma oral y personalizada sobre acontecimientos, experiencias, opiniones de personas [31], logrando así recolectar los datos necesarios para el desarrollo del proyecto de investigación.

Se utilizó la técnica de la entrevista el cual ayuda a poder obtener información en un tema en específico, pudiendo también conocer sus opiniones, actitudes y percepciones del nuevo sistema implementado.

Las fichas de observación es un instrumento que sirve como guía para orientarse acerca de las actividades y sus resultados de estas, estableciendo aspectos importantes por observar y poder ver si los objetivos propuestos se van logrando, para el óptimo desarrollo del proyecto de investigación.

3.9. Matriz de consistencia

Tabla III. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<u>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</u>	<u>OBJETIVO GENERAL</u>	<u>HIPÓTESIS</u>	<u>VARIABLES DE ESTUDIO</u>
¿De qué manera un sistema experto ayudaría a determinar el nivel de nutrientes en los cultivos de banano orgánico en la empresa Ana Banana S.A.C. Piura,2019?	Proponer un sistema experto basado en lógica difusa para la determinación del nivel de nutrientes en los cultivos del banano orgánico.	La implementación de un sistema experto utilizando lógica difusa, mejorara la determinación del nivel de nutrientes en el cultivo de banano orgánico en la empresa Ana Banana SAC, logrando precisión y rapidez en el diagnóstico.	VARIABLE INDEPENDIENTE Sistema experto VARIABLE DEPENDIENTE Nivel de nutrientes en el cultivo de banano orgánico
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>DESCRIPCIÓN DEL LOGRO DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	<u>INDICADORES</u>	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar los nutrientes que contribuyen a la fertilización del banano orgánico. ➤ Diseñar un modelo basado en lógica difusa para la determinación del nivel de nutrientes en el banano orgánico. ➤ Validar la modelo lógica difusa para la precisión en la determinación de nutrientes. 	<p>Estudiar la metodología CommonKADS.</p> <p>Enlazar los algoritmos de lógica difusa y analizar su eficiencia para la determinación del nivel de nutrientes del banano orgánico.</p> <p>Corroborar la eficacia del modelo de lógica difusa respecto a la determinación de nutrientes.</p> <p>Medir el logro de los objetivos propuestos con el uso de una encuesta dirigida a los trabajadores y encargados de la Zona Uno.</p>	<p>-Número de nutrientes necesarios para el cultivo de banano.</p> <p>-Nivel de nitrógeno adecuado para la fertilización.</p> <p>- Nivel de potasio adecuado para la fertilización.</p> <p>-Nivel de fosforo adecuado para la fertilización.</p> <p>-Tiempo promedio para la elaboración del sistema experto.</p> <p>-Porcentaje de aciertos que presente el sistema experto.</p>	

3.10. Consideraciones éticas

Los aspectos que se han considerado para la protección y el bienestar de los participantes en esta investigación se enumeran a continuación, en este caso los trabajadores y expertos involucrados en la empresa Ana Bana SAC, así como de la seguridad (resguardo) de los datos:

- ✓ Aplicación de técnicas de recolección de datos: Encuestas, entrevistas, etc.
- ✓ Seguridad de la información.
- ✓ Protección de contraseñas y datos registrados.
- ✓ Resguardo de los datos y secreto de la información

IV. RESULTADOS

4.1. En base a la metodología utilizada

4.1.1. Nivel #1: De contexto

4.1.1.1. Modelo Organizacional

1. Problemas y posibles mejoras

1.1. Problemas

- Se deben mejorar los procesos de aplicación de los nutrientes orgánicos en los cultivos debido que depende de la supervisión del ingeniero y el proceso resulta lento y trabajoso.
- Se debe mejorar el control de plagas y enfermedades ya que depende de la supervisión del ingeniero y genera pérdidas al no poder detectar la enfermedad o plaga a tiempo.
- La formación de nuevos técnicos es costosa y lenta. Se debería implementar y conservar el conocimiento de los ingenieros expertos en la determinación del nivel de nutrientes y establecer un sistema automatizado de entrenamiento.
- Imperfección en la extracción de muestras de suelo debido que no cuentan con un registro de ubicación de sectores.
- En la actualidad no existe ningún sistema de ayuda a los ingenieros en la determinación del nivel de nutrientes en las instalaciones de la empresa.

1.2. Oportunidades

- La empresa es auto sostenible en la producción de abono orgánico

- Alianzas comerciales con empresas especializadas en la exportación de productos orgánicos.
- Cuenta con una cartera de clientes extranjeros que requieren de los productos de la empresa.
- Cuenta con certificaciones de buenas prácticas agrícolas Certificaciones Global G.A.P, certificaciones en producción de orgánicos USDA Organic, y en Mafra Korea la certificación JAS relativa al banano orgánico.

1.3. Contexto Organizacional

Misión, Visión y meta: La empresa se encarga de la producción de banano orgánico de primera calidad mediante un manejo sostenible de los recursos naturales y la mejora de la calidad de vida de nuestros colaboradores y sus familias.

1.3.1. Objetivos:

- Ser una empresa líder en producción, comercialización y exportación de banano orgánico.
- Hacer nuestra marca reconocida por su calidad en todo el mundo
- Cumplir con las especificaciones técnicas que el cliente requiera.

1.3.2. Factores externos

- Aumento de la demanda de mercado en productos de exportación.
- Aumento de la competencia en el mercado de exportación

1.4. Soluciones

- Solución 1: Desarrollo de un Lenguaje de Consulta Estructurado (SBC) para determinar el nivel de nutrientes en cada etapa de la cosecha y obtener la mayor y mejor información posible para elaborar el abono orgánico requerido. Este SBC podrá ser utilizado por el ingeniero o el operario.
- Solución 2: Formar al personal para la determinación de nivel de nutrientes en las zonas de cultivo.

2. Aspectos y Variables

2.1. Estructura

La organización de estudio es la empresa Ana Banana SAC- Piura, esta se encuentra organizada: Por un Gerente General que se encuentra situado en el área de Gerencia, esta persona se encarga de buscar oportunidades que permitan abarcar más espacio en el mercado para obtener más demandas y rentabilidad óptimas y necesarias para mantener el patrimonio de la organización. Luego se comunica con la Oficina de administración de Piura, en seguida con la Oficina de Campo Santo Tomé, esta oficina se divide en tres partes:

- Área de producción
 - Calidad preventiva
 - Jefe de planta
- Área de sanidad
- Jefe de campo
 - Encargado de zona A



FIG. 3 Organigrama de la empresa. Fuente propia

2.2. Procesos

- Control de mantenimiento de la planta de banano (malezas, deshoje)
- Control de plagas y enfermedades
- Control en la fertilización orgánica
 - Inspección ocular de las hojas y observar el crecimiento del fruto.
 - Análisis del suelo según zona.
 - Determinar qué nutriente es requerido
 - Determinar el cálculo de nutrientes en cada zona
 - Identificar que abono es el más adecuado
 - Aplicación de abono distribuido por riego
- Control de personal, producción y empaque del banano

2.3. Personal

Administrativos, ingenieros agrónomos, técnicos instaladores, trabajadores o peones

2.4. Recursos

Herramientas: Machete, Pala, Hoz, tinas o tanques, cable vía, bombas de aspersión de agua, utensilios de cortar

2.5. Conocimiento

- Control de mantenimiento de la planta de banano (malezas, deshoje)
- Control en la fertilización orgánica
 - Conocimiento e interpretación del análisis del suelo
 - Estudio de macronutrientes y micronutrientes necesarios para fertilización de los suelos
 - Color y estado nutricional de las hojas en cada proceso de crecimiento
 - Elaboración de abono orgánico según el nivel de nutriente requerido
- Control de plagas y enfermedades
 - Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades
 - Para diagnosticar y dar tratamiento a las plantas según las enfermedades o plagas encontradas después de la evaluación respectiva.
- Control de personal de producción y empaque del banano

2.6. Cultura Potencial

- La empresa ha alcanzado con certificaciones de buenas prácticas agrícolas Certificaciones Global G.A.P, certificaciones en producción de orgánicos USDA Organic, y en Mafra Korea la certificación JAS relativa al banano orgánico.
- La propia empresa desarrolla sus propios productos orgánicos.

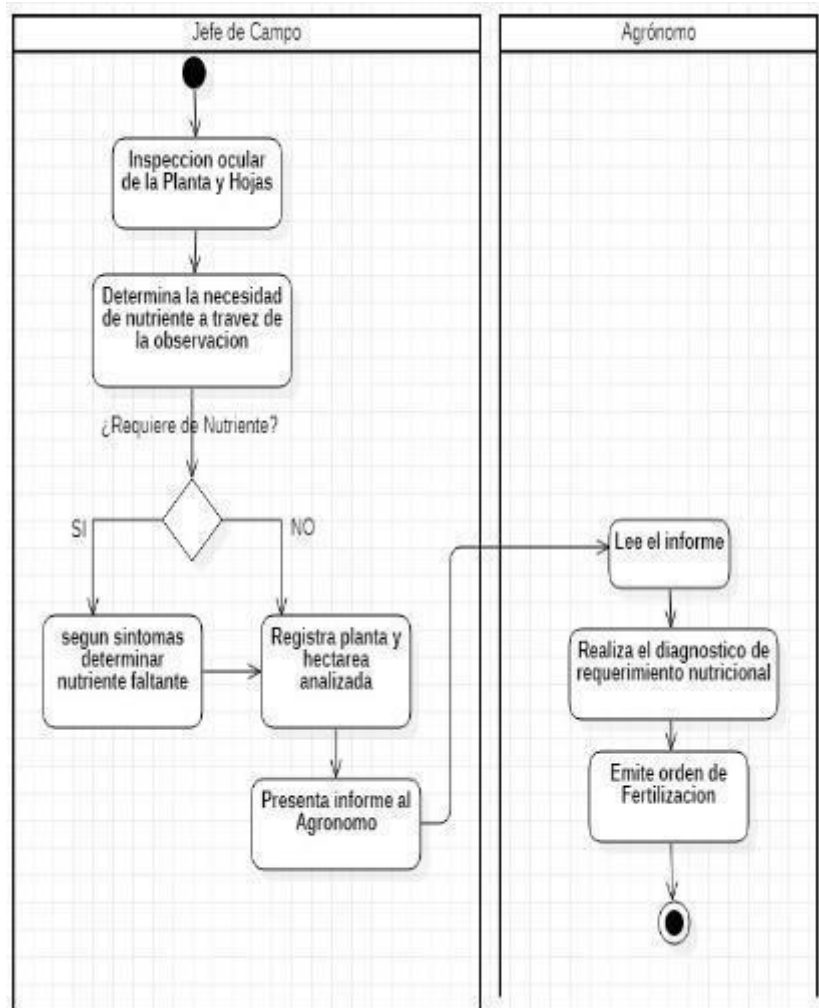


FIG. 4 Diagrama de actividad correspondiente del proceso de control de nutrientes.
Fuente propia.

✓ **Descomposición del proceso de negocio**

En la tabla describimos las tareas realizadas en la empresa y quienes la realizan, así como que clase de conocimiento se necesita para poder realizarlas

Tabla IV. DESCOMPOSICIÓN DEL PROCESO DE NEGOCIO

Modelo de Organización			Descomposición de los Procesos (OM - 3)	
N °	Tarea	Realizada por	Recursos de conocimiento	Importancia
1	Inspección ocular de las hojas mediante una guía de síntomas de deficiencia nutricionales.	Agrónomo Agrícola y agrónomos técnicos.	Conocer los síntomas que presentan las hojas y los frutos de las plantas.	Muy alta
2	Medición de las dimensiones del fruto mediante una tabla de registros	Agrónomo Agrícola y trabajadores	Conocer las dimensiones y diámetros que debe medir un fruto en sus etapas de crecimiento	Muy Alta
3	Recolección de una porción de tierra de la zona que se quiere analizar	Agrónomo Agrícola y agrónomos técnicos.	Conocer las zonas con menor producción	Media
4	Lectura e interpretación de los resultados obtenidos por el laboratorio externo.	Agrónomo Agrícola	Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano	Muy alta
5	Cálculo de los nutrientes a requerirse.	Agrónomo Agrícola	Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano	Alta
6	Preparación del abono según el nutriente requerido.	Agrónomo Agrícola	Conocimiento de abono y nutrientes.	Muy alta
7	Localizar la zona que requiere nutrientes.	Agrónomos técnicos	Conocimiento de las hectáreas.	Media

OM-3: Descomposición del proceso de negocio

Leyenda:

Nivel de Importancia de Procesos	
Muy alta	Ejecución necesaria para continuar con el proceso
Alta	Ejecución casi necesaria para continuar con el proceso
Media	Ejecución poco necesaria para continuar con el proceso

✓ **Activos de conocimiento**

Tabla V. ACTIVOS DE CONOCIMIENTO

Modelo de Organización		Descomposición de Activos de conocimiento (OM - 4)				
Recurso de conocimiento	Pertenece a	Usado en:	¿Forma adecuada?	¿Lugar adecuado?	¿Tiempo adecuado?	¿Calidad adecuada?
Signos que presentan las hojas y el fruto de las plantas.	Área de Campo	Inspección ocular de las hojas mediante una guía de síntomas de deficiencia nutricionales	SI	SI	NO	SI
Conocer las dimensiones y diámetros que debe medir un fruto en sus etapas de crecimiento	Área de Campo	Medición de las dimensiones del fruto mediante una tabla de registros	SI	SI	NO	NO
Conocer las zonas con menor producción	Área de Campo	Recolección de una porción de tierras en la zona que se quiere analizar	NO	NO	SI	SI
Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano	Área de Producción	lectura e interpretación de los resultados obtenidos por la universidad de Piura	NO	SI	NO	SI
		Cálculo de los nutrientes existentes menos los nutrientes óptimos requeridos	NO	SI	SI	SI
Conocimiento de abonos y nutrientes	Área de producción	Preparación del abono según el nutriente requerido	SI	SI	NO	SI
Conocimiento de las hectáreas	Área de Campo	Localizar la zona que requiere nutrientes.	SI	SI	SI	SI

OM- 4: Activos de conocimiento

✓ **Hoja de trabajo**

Tabla VI. HOJA DE TRABAJO

Modelo de Organización	Lista de verificación para el documento de decisión de viabilidad: Hoja de trabajo OM-5
Viabilidad de Negocio	Las evaluaciones automáticas costarían más de S / 15,000 para costos de desarrollo y S / 5,000 por año para mantenimiento. Se necesitarán un promedio de tres personas para evaluar la aplicación. La calidad e imagen de la empresa crecerán pues el margen de error que se pudiese presentar serio mínimo.
Viabilidad Técnica	A criterio del desarrollador del proyecto, el conocimiento del experto puede ser representado mediante reglas, usando el programa para realizarlas con XFUZZY. <ul style="list-style-type: none"> - Se hará uso del programa XFFUZZY para el desarrollar dichas reglas y las funciones necesarias para el sistema. - La Base de Conocimientos se almacenará en una base de datos MySQL, donde también se almacenan los otros datos importantes para el sistema. Esto facilitará el desarrollo de la aplicación con el lenguaje JAVA.
Viabilidad del proyecto	El tema principal de la investigación no tiene acceso suficiente a la información, sin embargo, hay consultores y maestros especialistas en la materia. Para el desarrollo de este proyecto es necesario la experiencia para el desarrollo del sistema experto y de un agrónomo especialista para brindar los datos exactos sobre análisis de suelo y nutrientes.
Acciones propuestas	<ul style="list-style-type: none"> * Instaurar un cronograma para el desarrollo del proyecto y una lista de colaboradores del proyecto. * Comenzar a proporcionar facilidades organizativas necesarias. * Probar el software y finalmente citar a los ingenieros para que desarrollen las pruebas.

OM-5: Hoja de trabajo

2.6.1.1. Modelo de Tareas

✓ Análisis de Tareas

Tabla VII. Tarea 1.1

Inspección ocular de las hojas mediante una guía de síntomas de deficiencia nutricionales

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Inspección ocular de las hojas mediante una guía de síntomas de deficiencia nutricionales
Organización	Área Campo
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea es identificar el tipo de problema mediante una inspección ocular que pueda presentar la hoja de banano. El valor es saber qué tipo de nutriente está faltando
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: las hojas de banano Objeto de Salida: Nutricionales deficientes
Tiempo Y Control	Frecuencia: hectárea Duración: 1 o 2 días Precondición: Ninguna Postcondición: Ninguna
Agentes	Realizado por el jefe de campo
Conocimiento Y Capacidad	Conocimientos: Síntomas que presentan las hojas y el fruto de las plantas. Habilidad: -Para realizar la inspección ocular en un menor tiempo posible. -Para determinar previamente los nutrientes que le está faltando por los síntomas rescatados en esta inspección ocular,
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero agrónomo realice una inspección correcta para poder lograr obtener un resultado eficaz de nutrición.

TM-1: Documentos de análisis de tareas

Tabla VIII. Tarea 1.2
Medición de las dimensiones del fruto mediante una tabla de registros

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Medición de las dimensiones del fruto mediante una tabla de registros
Organización	Área Campo
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea es identificar el tipo de problema que pueda presentar el fruto del banano.
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: El fruto Objeto de Salida: Medidas del fruto
Tiempo Y Control	Frecuencia: 1 racimo Duración: 1 día Precondición: Ninguna Postcondición: Registro de Medidas del fruto
Agentes	Realizado por el jefe de campo
Conocimiento Y Capacidad	Conocimiento: - Conocer las dimensiones y diámetros que debe medir un fruto en sus etapas de crecimiento. Habilidad: -Para obtener las medidas del fruto correctos. -Manera de obtener las medidas del fruto.
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero agrónomo obtenga las dimensiones correctas del fruto para poder determinar los nutrientes que le hacen falta.

Tabla IX. Tarea 1.3
Recolección de una porción de tierras en la zona que se quiere analizar

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Recolección de una porción de tierras en la zona que se quiere analizar.
Organización	Área Campo
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea es obtener los resultados del análisis del suelo y tener conocimiento de los nutrientes en el campo
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: Porción de tierra del campo a analizar Objeto de Salida: Análisis del suelo y nutrientes existentes
Tiempo Y Control	Frecuencia: 1 bolsa de tierra por zona. Duración: 1 día Precondición: Ninguna Postcondición: Análisis de suelo por el laboratorio externo.
Agentes	Realizado por los agrónomos técnicos.
Conocimiento Y Capacidad	Conocimiento: - Conocer las zonas con menor producción. Habilidad: -Para precisar el lugar de donde recolectará la tierra a analizar.
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero agrónomo recolecte la tierra del lugar que esta deficiente de nutrientes.

Tabla X. Tarea 1.4

Lectura e interpretación de los resultados obtenidos por el laboratorio externo.

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Lectura e interpretación de los resultados obtenidos por el laboratorio externo.
Organización	Área de Producción
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea es identificar el nivel de nutrientes y fertilidad máxima y mínima que se encuentra el suelo.
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: Documentación del análisis del suelo Objeto de Salida: Conocimiento del estado nutricional y de fertilidad del suelo
Tiempo Y Control	Frecuencia: 1 hoja Duración: 3 días Precondición: Análisis de suelo Postcondición: Interpretación del análisis de suelo.
Agentes	Realizado por el jefe de campo
Conocimiento Y Capacidad	Conocimiento: Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano. Habilidad: Para leer los resultados en un determinado tiempo Para interpretar los resultados en un determinado tiempo.
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero lea e interprete los resultados brindados por el laboratorio externo de manera eficaz.

Tabla XI. Tarea 1.5
Cálculo de los nutrientes a requerirse

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Cálculo de los nutrientes a requerirse
Organización	Área de Producción
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea conocer el porcentaje de nutriente y el porcentaje de nutriente escaso
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: porcentaje de nutrientes existentes Objeto de Salida: porcentaje de nutrientes escaso
Tiempo Y Control	Frecuencia: Nutrientes encontrados Duración: 1 día Precondición: Interpretación de los resultados Postcondición: cálculo de los nutrientes a requerirse.
Agentes	Realizado por el jefe de campo
Conocimiento Y Capacidad	Conocimiento: Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano Habilidad: Para hacer el cálculo respectivo y obtener resultados positivos y correctos.
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero agrónomo calcule los nutrientes de forma eficiente para poder compararlos con los estándares de nutrientes óptimos que debe tener el banano en sus etapas de crecimiento.

Tabla XII. Tarea 1.6
Preparación del abono según el nutriente requerido

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Preparación del abono según el nutriente requerido
Organización	Área Campo
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea es la preparación o creación del abono orgánico según el nutriente requerido
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: El nutriente con bajo nivel en el suelo Objeto de Salida: Abono orgánico con el nivel de nutriente óptimo
Tiempo Y Control	Frecuencia: nutrientes requeridos Duración: 4 días Precondición: Calculo de nutrientes Postcondición: Asignar abono a la zona que requiere de nutrientes.
Agentes	Realizado por el jefe de campo
Conocimiento Y Capacidad	Conocimiento: Conocimiento de abonos y nutrientes Habilidad: Para preparar el abono optimo que se requirió. Para preparar el abono en un tiempo determinado.
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero agrónomo prepare el abono con los nutrientes requeridos para que sea óptimo para la zona que tiene deficiencia en nutrientes.

Tabla XIII. Tarea 1.7
Localizar la zona a nutrir

Modelo de Tareas	Documento de análisis de tareas (TM - 1)
Tarea	Localizar la zona a nutrir
Organización	Área Campo
Objetivo Y Valor	El objetivo de esta tarea es identificar la zona con menor nivel de nutrientes y poder abastecerse
Dependencia Y Flujos	Permite el desarrollo de las demás tareas, es decir que la eficiencia de las siguientes tareas dependerá de cuán eficiente sea la información adquirida en esta etapa.
Objetos Manipulados	Objeto de Entrada: Conocimiento de la zona Objeto de Salida: Mapeo
Tiempo Y Control	Frecuencia: las zonas a nutrir Duración: -por riego: 1 día -por mano de obra: 2 o 3 días Precondición: Preparación del abono Postcondición: Resultados óptimos en el fruto.
Agentes	Realizado por el jefe de campo
Conocimiento Y Capacidad	Conocimiento: Conocimiento de las hectáreas. Habilidad: Para desparramar o asignarlo por riego el abono
Calidad Y Eficiencia	Que el ingeniero agrónomo localice las zonas y agregue el abono de manera eficaz.

✓ **Elemento de conocimiento**

Tabla XIV. Conocimiento 1.1

Conocer las dimensiones y diámetros que debe medir un fruto en sus etapas de crecimiento.

Modelo de Tareas	Formulación TM-2: Elemento de Conocimiento
Nombre	Conocer las dimensiones y diámetros que debe medir un fruto en sus etapas de crecimiento.
Poseído Por	Agrónomos técnicos
Usado en	Medición de las dimensiones del fruto mediante una tabla de registros.
Dominio	(SI/NO)
Naturaleza del Conocimiento	
Formal, Riguroso	SI
Empírico, cuantitativo	SI
Heurístico, sentido común	
Altamente especializado, específico del dominio	SI
Basado en la experiencia	SI
Basado en la acción	SI
Incompleto	
Incierto, puede ser incorrecto	NO
Cambia con rapidez	SI
Difícil de verificar	SI
Forma del conocimiento	
Mental	SI
Papel	SI
Electrónica	SI
Habilidades	SI
Otros	
Disponibilidad del Conocimiento	
Limitaciones en tiempo	NO
Limitaciones en espacio	NO
Limitaciones de acceso	NO
Limitaciones de calidad	NO
Limitaciones de forma	NO

Tabla XV. Conocimiento 1.2
 Conocer las zonas con menor producción

Modelo de Tareas	Formulación TM-2: Elemento de Conocimiento
Nombre	Conocer las zonas con menor producción
Poseído Por	Agrónomos técnicos
Usado en	Recolección de una porción de tierras en la zona que se quiere analizar.
Dominio	(SI/NO)
Naturaleza del Conocimiento	
Formal, Riguroso	SI
Empírico, cuantitativo	SI
Heurístico, sentido común	
Altamente especializado, específico del dominio	SI
Basado en la experiencia	SI
Basado en la acción	SI
Incompleto	
Incierto, puede ser incorrecto	
Cambia con rapidez	SI
Difícil de verificar	SI
Tácito, difícil de transferir	
Forma del conocimiento	
Mental	SI
Papel	NO
Electrónica	SI
Habilidades	SI
Otros	
Disponibilidad del Conocimiento	
Limitaciones en tiempo	NO
Limitaciones en espacio	NO
Limitaciones de acceso	NO
Limitaciones de Calidad	NO
Limitaciones de forma	NO

Tabla XVI. Conocimiento 1.3

Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano

Modelo de Tareas	Formulación TM-2: Elemento de Conocimiento
Nombre	Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano.
Poseído Por	Agrónomos técnicos
Usado en	Lectura e interpretación de los resultados obtenidos por el laboratorio externo.
Dominio	(SI/NO)
Naturaleza del Conocimiento	
Formal, Riguroso	SI
Empírico, cuantitativo	SI
Heurístico, sentido común	
Altamente especializado, específico del dominio	SI
Basado en la experiencia	SI
Basado en la acción	SI
Incompleto	
Incierto, puede ser incorrecto	
Cambia con rapidez	SI
Difícil de verificar	SI
Tácito, difícil de transferir	
Forma del conocimiento	
Mental	SI
Papel	
Electrónica	SI
Habilidades	SI
Otros	
Disponibilidad del Conocimiento	
Limitaciones en tiempo	NO
Limitaciones en espacio	NO
Limitaciones de acceso	NO
Limitaciones de Calidad	NO
Limitaciones de forma	NO

Tabla XVII. Conocimiento 1.4
Conocimiento de abonos y nutrientes

Modelo de Tareas	Formulación TM-2: Elemento de Conocimiento
Nombre	Conocimiento de abonos y nutrientes
Poseído Por	Agrónomos técnicos
Usado en	Preparación del abono según el nutriente requerido
Dominio	(SI/NO)
Naturaleza del Conocimiento	
Formal, Riguroso	SI
Empírico, cuantitativo	SI
Heurístico, sentido común	
Altamente especializado, específico del dominio	SI
Basado en la experiencia	SI
Basado en la acción	SI
Incompleto	
Incierto, puede ser incorrecto	
Cambia con rapidez	SI
Difícil de verificar	SI
Tácito, difícil de transferir	
Forma del conocimiento	
Mental	SI
Papel	
Electrónica	SI
Habilidades	SI
Otros	
Disponibilidad del Conocimiento	
Limitaciones en tiempo	NO
Limitaciones en espacio	NO
Limitaciones de acceso	NO
Limitaciones de Calidad	NO
Limitaciones de forma	NO

Tabla XVIII. Conocimiento 1.5
Conocimiento de las hectáreas.

Modelo de Tareas	Formulación TM-2: Elemento de Conocimiento
Nombre	Conocimiento de las hectáreas.
Poseído Por	Agrónomos técnicos
Usado en	Localizar la zona a nutrir
Dominio	(SI/NO)
Naturaleza del Conocimiento	
Formal, Riguroso	SI
Empírico, cuantitativo	SI
Heurístico, sentido común	
Altamente especializado, específico del dominio	SI
Basado en la experiencia	SI
Basado en la acción	SI
Incompleto	
Incierto, puede ser incorrecto	
Cambia con rapidez	SI
Difícil de verificar	SI
Tácito, difícil de transferir	
Forma del conocimiento	
Mental	SI
Papel	
Electrónica	SI
Habilidades	SI
Otros	
Disponibilidad del Conocimiento	
Limitaciones en tiempo	NO
Limitaciones en espacio	NO
Limitaciones de acceso	NO
Limitaciones de Calidad	NO
Limitaciones de forma	NO

Tabla XIX. Conocimiento 1.6
Síntomas que presentan las hojas y el fruto de las plantas.

Modelo de Tareas	Formulación TM-2: Elemento de Conocimiento
Nombre	Síntomas que presentan las hojas y el fruto de las plantas.
Poseído Por	Agrónomos técnicos
Usado en	Inspección ocular de las hojas mediante una guía de síntomas de deficiencia nutricionales
Dominio	(SI/NO)
Naturaleza del Conocimiento	
Formal, Riguroso	SI
Empírico, cuantitativo	SI
Heurístico, sentido común	
Altamente especializado, específico del dominio	SI
Basado en la experiencia	SI
Basado en la acción	SI
Incompleto	
Incierto, puede ser incorrecto	
Cambia con rapidez	SI
Difícil de verificar	
Tácito, difícil de transferir	
Forma del conocimiento	
Mental	SI
Papel	
Electrónica	SI
Habilidades	SI
Otros	
Disponibilidad del Conocimiento	
Limitaciones en tiempo	NO
Limitaciones en espacio	NO
Limitaciones de acceso	NO
Limitaciones de Calidad	NO
Limitaciones de forma	NO

2.6.1.2. Modelo de Agentes

Tabla XX. Modelo de agentes

Modelo de Agentes	Documento de descripción de agentes (am - 1)
Nombre	Agrónomo Agrícola
Organización	Área de Campo
Involucrados En	Tarea 1,2,3,4,5,6,7
Comunicado Con	Jefe de Campo
Conocimiento	Síntomas que presentan las hojas y el fruto de las plantas Conocer los estándares de los niveles de nutrientes óptimos para el crecimiento del banano Conocer las dimensiones y diámetros que debe medir un fruto en sus etapas de crecimiento Conocer las zonas con menor producción Conocimiento de abonos y nutrientes Conocimiento de las hectáreas
Responsabilidades Y Obligaciones	Inspeccionar el campo Medir las dimensiones del fruto. Recolectar una porción de tierra para el análisis Interpretar resultados Preparar abono Localizar zonas para agregar abono.

4.1.2. Nivel #2: De concepto

4.1.2.1. Modelo de Conocimiento

En este modelo se desarrollan las tres importantes categorías de conocimiento: El conocimiento de dominio, de las inferencias y el de las tareas.

Conocimiento del Dominio

Se representa el conocimiento relevante del sistema en el que se desarrolla el proceso de razonamiento de objetos modelados. Una explicación básica de los elementos que componen el dominio del sistema se detalla en el marco teórico principal Síntomas presentados por las hojas y el fruto de las plantas.

Diagrama de conceptos

Síntoma: Es la tabla que contiene como atributos los síntomas que determinan el escaso de nutrientes.

Planta: Es la clase que contiene los atributos de la planta.

Evaluación: Es la clase que contiene la fecha de evaluación y la cantidad de plantas que está evaluando.

Diagnóstico: Contiene los análisis de suelo

Nivel de Dominio

Para representar el conocimiento abstracto, se utilizará el nivel de dominio a través del cual se obtienen las reglas. La Figura 01 muestra parte del razonamiento seguido para determinar el diagnóstico de los síntomas en las primeras etapas.

✓ BASE DE DATOS

- **Diagrama:**

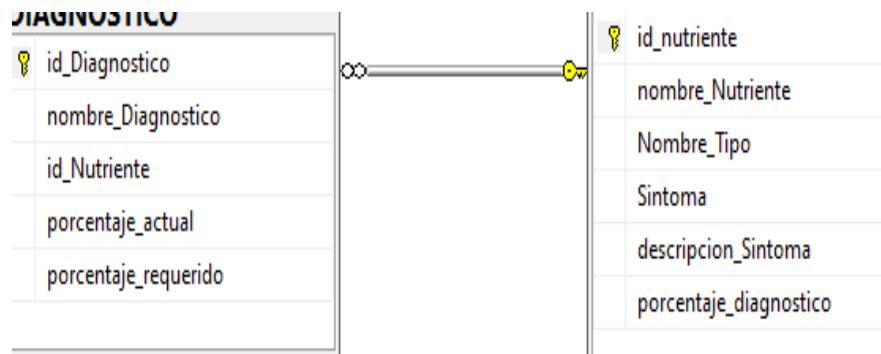


FIG. 5 Base de datos. Fuente propia

- **Código:**

```
create table SINTOMAS(
id_nutriente int identity not null,
nombre_Nutriente varchar(50) not null, --nitrogeno
Nombre_Tipo varchar(50) not null, --macronutriente
Sintoma varchar(3) not null,
descripcion_Sintoma varchar(200) not null,
porcentaje_diagnostico int not null,
primary key (id_nutriente)
```

```
create table DIAGNOSTICO (
id_Diagnostico int identity not null,
nombre_Diagnostico varchar(4) not null,
id_Nutriente int not null,
porcentaje_actual varchar(50) not null,
porcentaje_requerido int not null,
primary key (id_Diagnostico),
foreign key (id_Nutriente) references SINTOMAS (id_nutriente)
```

✓ **Reglas:**

Al hablar de regla nos referimos a un principio que se añade para poder dirigir la óptima realización y desarrollo para un resultado adecuado del sistema experto mediante la formulación de la cadena.

– **NITROGENO (N)**

Tabla XXI. Nitrógeno

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S1	Las hojas presentan un color amarillento o clorosis	Clorosis_hojas	Deficiencia de Nitrógeno severo
S2	En los pecioloos presenta un color rosado	Rosa_en_los_peciolos	
S3	pecioloos pasan de rosa a violeta	Violeta_en_los_peciolos	
S4	retraso del crecimiento en las vainas foliares.	Retraso_crecimiento	
S5	pseudotallo delgados	Pseudotallo_delgados	
S6	pecioloos y hojas pequeños	Pecioloos_hojas_pequeños	
S7	La hoja de banano cerca de la nervadura central presenta un severo quemado	Quemado_nervadura	Exceso de Nitrógeno muy severo

1. PRIMERA REGLA

Tabla XXII. Regla 1

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Según [32] dice: "Si las hojas presentan un color amarillento o clorosis y en los pecioloos presenta un color rosado y en las vainas de las hojas hay un retraso en el crecimiento. Además, se produce un pseudotallo delgado, pecioloos y hojas pequeñas". entonces presenta deficiencia de nitrógeno severo
Formulación Externa de la Regla	SI S1=" Clorosis_hojas" AND S2=" Rosa_en_los_peciolos" AND S3=" Violeta_en_los_peciolos" AND S4=" Retraso_crecimiento" AND S5=" Pseudotallo_delgados" AND S6=" Pecioloos_hojas_pequeños" Entonces "Deficiencia de Nitrógeno severo"
Regla	Deficiencia de Nitrógeno severo

2. SEGUNDA REGLA

Tabla XXIII. Regla 2

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Según [32] dice "Si la planta de banano tiene quemaduras severas de las hojas de banano exigido a la aplicación abundante de urea (el daño yace próximo al nervio central)", entonces presenta un exceso de nitrógeno muy severo
Formulación Externa de la Regla	SI S7=" Quemado_nervadura" Entonces "Exceso de nitrógeno muy severo"
Regla	Exceso de nitrógeno muy severo

– FOSFORO (P)

Tabla XXIV. Fosforo

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S8	Clorosis en sus bordes	Clorosis_en_sus_bordes	Deficiencia de Fosforo LEVE
S9	Manchas marrones y purpuras	Manchas_marrones_purpuras	
S10	Las hojas se rizan	Hojas_se_rizan	Deficiencia de Fosforo SEVERO
S11	Los peciolos se quiebran	Quebrado_de_peciolos	
S12	De color verde profundo se tornan las hojas jóvenes	Color_verde_las_hojas_jovenes	
S13	Las hojas se hace tipo roseta	Hojas_hace_tipo_roseta	
S14	las hojas viejas se vuelven irregularment e necróticas	Hojas_viejas_se_vuelven_necrotica mente	
S15	la producción	Producción_hojas_se_reduce	

	de hojas se reduce		
S16	aparece una clorosis marginal	Aparece_clorosis_marginal	Deficiencia de Fosforo MUY SEVERO
S17	muerte prematura.	Muerte_prematura	

3. TERCERA REGLA

Tabla XXV. Regla 3

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Según [33] dice: "Si la planta presenta en sus bordes de las hojas viejas clorosis y manchas de color purpura y marrones, entonces tiene deficiencia de Fosforo leve"
Formulación Externa de la Regla	SI E2= 'Hoja_vieja' AND S8= 'Clorosis_en_sus_bordes' AND S9= 'Manchas_marrones_purpuras' Entonces "Deficiencia de Fósforo LEVE"
Regla	Deficiencia de Fosforo LEVE

4. CUARTA REGLA

Tabla XXVI. Regla 4

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	En Banana Spanish [33] dice: "Se presenta una deficiencia severa, se curvan las hojas, se rompen los pecíolos y de color verde intenso adquieren las hojas más jóvenes. La insuficiencia de fosforo causa una interrupción en el estiramiento de una talla de 60 cm las hojas se convierten en una roseta y los más viejos se vuelven necróticos, aparece una clorosis contigua y la creación de hojas se disminuyen."
Formulación Externa de la Regla	SI E1= 'Hoja_joven' AND S10= 'Hojas_se_rizan' AND S11= 'Quebrado_de_peciolo' AND S12= 'Color_verde_las_hojas_jovenes' AND S13= 'Hojas_hace_tipo_roseta' AND S14= 'Hojas_viejas_se_vuelven_necroticamente' AND S15= 'Producción_hojas_se_reduce' Entonces "Deficiencia de Fósforo SEVERO"
Regla	Deficiencia de Fosforo SEVERO

5. QUINTA REGLA

Tabla XXVII. Regla 5

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	En Banana Spanish [33] dice "Si la planta presenta casos severos a dichos problemas anteriores le sigue una muerte prematura.
Formulación Externa de la Regla	SI S16= 'aparece_clorosis_marginal' S17= 'Muerte_prematura' Entonces "Deficiencia de Fósforo MUY SEVERO"
Regla	Deficiencia de Fosforo MUY SEVERO

– **POTASIO (K)**

Tabla XXVIII. Potasio

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S18	Se torna amarilla la punta de las hojas más viejas	Punta_hoja_vieja_amarilla	Deficiencia de potasio SUAVE
S19	Se rasga y curva hacia abajo las hojas	Hoja_fragile_doblada	
S20	Las hojas presentan una apariencia con arrugas	Hojas_arrugadas	
S21	En los bordes de la hoja se necrosa	Necrosis_bordes_hoja	Deficiencia de potasio LEVE
S22	Las franjas necróticas llegan hasta la nervadura central de la hoja	Franjas_necroticas_hojas	Deficiencia de potasio SEVERO
S23	Las hojas se desecan y a continuación se curva	Hoja_seca_curvada	Deficiencia de potasio MUY SEVERO
S24	La mayor porción de la hoja se necrosa y dobla	Necrosis_doblado_hojas	Deficiencia de potasio LETAL
S25	Las hojas se curvan hacia el interior y luego mueren	Hojas_dobladas_muertas	
S26	En la base de los peciolo surgen manchas de color marrón	Manchas_marrones_peciolo	
S27	El centro del cormo muestra áreas con estructuras celulares desintegradas, color marrón	Estructuras_desintegradas_marrones	
S28	Los racimos de frutas en plantas son cortos, delgados y deformados	Racimos_cortos_delgados_deformados	
S29	progresión lenta, aspecto macizo y entrenudos acortados	Entrenudos_acortados	
S30	La hoja se torna amarilla en forma precoz y son más pequeñas	Hojas_amarillas_pequeñas	
S31	Hoja de color “azulado”	Hojas_azules	EXCESO de potasio

6. SEXTA REGLA

Tabla XXIX. Regla 6

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [34] dice "El síntoma más característico en las plantas con deficiencia de K se torna amarilla la punta de las hojas más viejas, se rasga y curva hacia abajo las hojas, Las hojas presentan una apariencia con arrugas, presenta deficiencia de Potasio suave "
Formulación Externa de la Regla	SI E="Hoja_vieja" AND S18="Puntas_hojas_viejas_amarillas" AND S19="Hojas_fragiles_dobladas" AND S20="Hojas_arrugadas" Entonces "Deficiencia de Potasio SUAVE"
Regla	Deficiencia de Potasio SUAVE

7. SEPTIMA REGLA

Tabla XXX. Regla 7

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [34] dice: "La planta presenta deficiencia moderada de potasio cuando en los bordes de la hoja se necrosa."
Formulación Externa de la Regla	SI S21=" Necrosis_bordes_hoja" Entonces "Deficiencia de Potasio LEVE"
Regla	Deficiencia de Potasio LEVE

8. OCTAVA REGLA

Tabla XXXI. Regla 8

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [34] dice "La planta presenta deficiencia severa de potasio cuando las franjas necróticas llegan hasta la nervadura central de la hoja."
Formulación Externa de la Regla	SI S22=" Franjas_necroticas_hojas" Entonces "Deficiencia de Potasio SEVERA"
Regla	Deficiencia de Potasio SEVERA

9. NOVENA REGLA

Tabla XXXII. Regla 9

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [34] dice: "La planta presenta deficiencia extrema de potasio cuando Las hojas se desecan y a continuación se curva."
Formulación Externa de la Regla	SI S23=" Hojas_secas_curvadas " Entonces "Deficiencia de Potasio MUY SEVERA"
Regla	Deficiencia de Potasio MUY SEVERA

10. DECIMA REGLA

Tabla XXXIII. Regla 10

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
	Él [34] dice: "La planta es fatalmente deficiente en potasio cuando la mayor porción de la hoja se necrosa y dobla, las hojas se curvan hacia el interior y luego mueren, en la base de los peciolo surgen manchas de color marrón, el centro del cormo muestra áreas con estructuras celulares desintegradas, color marrón, los racimos de frutas en plantas son cortos, delgados y deformados, progresión lenta, aspecto macizo y entrenudos acortados, la hoja se torna amarilla en forma precoz y son más pequeñas ".
Formulación Externa de la Regla	SI S24=" Necrosis_doblado_hojas " AND S25=" Hojas_dobladas_muertas " AND S26=" Manchas_marrones_peciolos " AND S27=" Estructuras_desintegradas_marrones " AND S28=" Racimos_cortos_delgados_deformes " AND S29=" Entrenudos_acortados " AND S30=" Hojas_amarillas_pequenas " ENTONCES Deficiencia de Potasio LETAL"
Regla	Deficiencia de Potasio LETAL

11. ONCEAVA REGLA

Tabla XXXIV. Regla 11

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [34] dice: "La planta presenta Exceso de potasio cuando la hoja se torna de color "azulado"
Formulación Externa de la Regla	SI S31=" Hojas_azules " Entonces "Deficiencia de Potasio EXCESIVA
Regla	Deficiencia de Potasio EXCESIVA

– MAGNESIO (Mg)

Tabla XXXV. Magnesio

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S32	En la zona del centro de la hoja presenta clorosis	Clorosis_central_lamina	Deficiencia de Magnesio SEVERA
S33	Se mantienen verdes los bordes del centro de la nervadura	Verde_nervadura_central	
S34	Manchas púrpuras en los peciolo ('enfermedad azul')	Manchas_purpuras	
S35	Desunión del pseudotallo en las vainas foliares	Separacion_vainas_pseudotallo	Deficiencia de Magnesio MUY SEVERA

12. DOCEAVA REGLA

Tabla XXXVI. Regla 12

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [32] y [34] dice : "El síntoma más típico de la deficiencia de magnesio presenta en la zona del centro de la hoja presenta clorosis, se mantienen verdes los bordes del centro de la nervadura, manchas púrpuras en los peciolo ('enfermedad azul')".
Formulación Externa de la Regla	SI S32=" Clorosis_central_lamina" AND S33 =" Verde_nervadura_central" AND S34=" "Manchas_purpuras" Entonces "Deficiencia de Magnesio SEVERA"
Regla	Deficiencia de Magnesio SEVERA

13. DECIMOTERCERA REGLA

Tabla XXXVII. Regla 13

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	En Banana Spanish [32] dice "Cuando es muy severo la deficiencia de magnesio se manifiesta en la desunión del pseudotallo en las vainas foliares".
Formulación Externa de la Regla	SI S35=" Separacion_vainas_pseudotallo" Entonces "Deficiencia de Magnesio MUY SEVERO"
Regla	Deficiencia de Magnesio MUY SEVERO

– **CALCIO (Ca)**

Tabla XXXVIII. Calcio

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S36	Franjas amarillas en forma paralela a la nervadura central de la hoja	Franjas_clorotica_paralelo_nervadura	Deficiencia de Calcio LEVE
S37	Hoja en punta en la que la lámina de las nuevas hojas se deforma	Hoja_punta_deformadas	Deficiencia de Calcio SEVERO
S38	Enanismo general	Enanismo_general	
S39	Reducción de la longitud de la hoja	Reducción_longitud_hojas	
S40	Hojas son onduladas	Hojas_son_honduldas	
S41	Tejido cercano a la nervadura central se engrosa, puede a su vez volverse de color marrón rojizo	Tejido_emgrosado_marron_rojiso	
S42	Provoca la pudrición del corno en plántulas de tejido recién plantado.	Corno_podrido_recien_plantado	
S43	La cáscara de la fruta madura se divide	Cascara_fruta_dividida	
S44	La fruta se curva	Fruta_curvada	
S45	Se reduce el peso y diámetro del fruto	Peso_diametro_reducido	
S46	Clorosis y necrosis típica y ‘Hoja en punta’	Hoja_en_punta	

14. DECIMOCUARTA REGLA

Tabla XXXIX. Regla 14

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [35] dice: “El síntoma más característico en las plantas con falta de Ca es Franjas amarillas en forma paralela a la nervadura central de la hoja ”
Formulación Externa de la Regla	SI S36 IS “Franjas_clorotica_paralelo_nervadura” Entonces “Deficiencia de Calcio LEVE”
Regla	Deficiencia de Calcio LEVE

15. DECIMOQUINTA REGLA

Tabla XL. Regla 15

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [35] dice "El síntoma más característico en las plantas con falta de Ca es Hoja en punta en la que la lámina de las nuevas hojas se deforma, enanismo general, Reducción de la longitud de la hoja, Hojas son onduladas, Tejido cercano a la nervadura central se engrosa, puede a su vez volverse de color marrón rojizo, provoca la pudrición del cormo en plántulas de tejido recién plantado. La cáscara de la fruta madura se divide y la fruta se curva, Se reduce el peso y diámetro del fruto."
Formulación Externa de la Regla	SI E="HOJA JOVEN" AND S37 IS "Hoja_punta_deformadas" AND S38 IS "Enanismo_general" S39 IS "Reducción_longitud_hojas" S40 IS "Hojas_son_honduldas" S41 IS "Tejido_emgrosado_marron_rojiso" S42 IS "Corno_podrido_recien_plantado" S43 IS "Cascara_fruta_dividida" S44 IS "Fruta_curvada" S45 IS "Peso_diametro_reducido" Entonces "Deficiencia de Calcio SEVERO"
Regla	Deficiencia de Calcio SEVERO

16. DECIMOSEXTA REGLA

Tabla XLI. Regla 16

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [35] dice "El síntoma más característico en las plantas con falta de Ca es que Clorosis y necrosis típica y hoja en punta'
Formulación Externa de la Regla	SI E=E2 AND S46 IS "Hoja_en_punta" Entonces "Deficiencia de Calcio MUY SEVERO"
Regla	Deficiencia de Calcio MUY SEVERO

– AZUFRE (S)

Tabla XLII. Azufre

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S47	De color blanco y amarillo se ponen las hojas	Hojas_color_blanco_amarillas	Deficiencia de Azufre LEVE
S48	Se produce engrosamiento en las venas de las hojas	Engorsamiento_venas_hojas	
S49	En los bordes de la hoja se ondulan	Borde_de_las_hojas_onduladas	
S50	En la hoja de abajo se necrosa en el borde	Necrosis_borde_de_hojas	
S51	Los racimos son pequeños o 'estrangulados'	Racimos_pequenos_estrangulados	
S52	En la orilla de las hojas aparecen parches necróticos	Parches_necroticos_margenes_hojas	Deficiencia de Azufre SEVERO

17. DESIMOSEPTIMA REGLA

Tabla XLIII. Regla 17

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [36] dice " De color blanco y amarillo se ponen las hojas, se produce engrosamiento en las venas de las hojas, en los bordes de la hoja se ondulan, en la hoja de abajo se necrosa en el borde, los racimos son pequeños o 'estrangulados'. la deficiencia de azufre es rara, dado que el azufre es frecuentemente suministrado".
Formulación Externa de la Regla	SI S47 IS "Hojas_color_blanco_amarillas" AND S48 IS "Engorsamiento_venas_hojas" AND S49 IS "Borde_de_las_hojas_onduladas" AND S50 IS "Necrosis_borde_de_hojas" AND S51 IS "Racimos_pequenos_estrangulados" Entonces "Deficiencia de Azufre LEVE"
Regla	Deficiencia de Azufre LEVE

18. DECIMOCTAVA REGLA

Tabla XLIV. Regla 18

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [36]dice " Si la deficiencia es severa, aparecen en la orilla de las hojas aparecen parches necróticos".
Formulación Externa de la Regla	SI S52 IS "Parches_necroticos_margenes_hojas" Entonces "Deficiencia de Azufre SEVERO"
Regla	Deficiencia de Azufre SEVERO

- BORO (B)

Tabla XLV. Boro

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S53	En la parte inferior de la lámina se forman rayas blancas perpendiculares	Rayas_blancas_parte_inferior	Insuficiencia de Boro SEVERO
S54	Las hojas presentan estrías cloróticas	Estrias_cloroticas	
S55	Malformación de las hojas	Malformacion_de_hojas	
S56	En los racimos el peso y tamaño reducen considerablemente	Reduccion_peso_tamano_fruta	

19. DECIMONOVENA REGLA

Tabla XLVI. Regla 19

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [33] y [36] dice: "La insuficiencia de boro severo incluye: En la parte inferior de la lámina se forman rayas blancas perpendiculares, las hojas presentan estrías cloróticas, malformación de las hojas, en los racimos el peso y tamaño reducen considerablemente."
Formulación Externa de la Regla	SI S53 IS "Rayas_blancas_parte_inferior" AND S54 IS "Estrias_cloroticas" AND S55 IS "Malformacion_de_hojas" AND S56 IS "Reduccion_peso_tamano_fruta" Entonces "Deficiencia de Boro SEVERO"
Regla	Deficiencia de Boro SEVERO

– **HIERRO (Fe)**

Tabla XLVII. Hierro

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S57	Clorosis general de la lámina entera	Clorosis_general_de_lamina	Deficiencia de Hierro SEVERO
S58	Retarda el crecimiento de la planta	Retardo_crecimiento_planta	
S59	La hoja se vuelve de color amarillentoblancuzco	Hojas_amarillento_blancuzco	

20. VIGESIMA REGLA

Tabla XLVIII. Regla 20

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [33] dice: “La deficiencia de hierro severo presenta, Clorosis general de la lámina entera, retardo en el crecimiento de la planta, La hoja se vuelve de color amarillentoblancuzco”.
Formulación Externa de la Regla	SI S57 IS “Clorosis_general_de_lamina” AND S58 IS “Retardo_crecimiento_planta” AND S59 IS “Hojas_amarillento_blancuzco” Entonces “Deficiencia de Hierro SEVERO”
Regla	Deficiencia de Hierro SEVERO

– **MANGANESO (Mn)**

Tabla XLIX. Manganeso

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S60	Clorosis en forma de peine	Clorosis_en_forma_de_peine	Deficiencia de Manganeso SEVERO
S61	En las segundas o terceras hojas jóvenes aparece clorosis	Clorosis_aparece_en_segundas_hojas	
S62	La clorosis se propaga de las venas hacia el centro de la nervadura,	Clorosis_extiende_a_lo_largo_de_venas	Deficiencia de Manganeso

	con estrechos bordes verdes		MUY SEVERO
--	-----------------------------	--	------------

21. VIGESIMOPRIMERA REGLA

Tabla L. Regla 21

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [36] dice "La deficiencia de manganeso en su forma severa se expresa como clorosis en forma de peine y en las segundas o terceras hojas jóvenes aparece clorosis."
Formulación Externa de la Regla	SI S60 IS "Clorosis_en_froma_de_peine" AND S61 IS "Clorosis_aparece_en_segundas_hojas" Entonces "Deficiencia de Manganeso SEVERO"
Regla	Deficiencia Manganeso SEVERO

22. VIGESIMOSEGUNDA REGLA

Tabla LI. Regla 22

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [36] dice: " La deficiencia de manganeso muy severa se manifiesta con clorosis y se propaga de las venas hacia el centro de la nervadura, con estrechos bordes verdes."
Formulación Externa de la Regla	SI S62 IS "Clorosis_extiende_a_lo_largo_de_venas" Entonces "Deficiencia de Manganeso MUY SEVERO"
Regla	Deficiencia de Manganeso MUY SEVERO

– ZINC (Zn)

Tabla LII. Zinc

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S63	Se reducen las hojas	Hojas_angostas	Deficiencia de Zinc LEVE
S64	Manifiestan franjas amarillas y blancas entre las venas secundarias	Franja_blanca_y_amarillas	
S65	Se manifiesta en hojas jóvenes cloróticas y angostas en punta	Hojas_angostas_en_punta_cloroticas	

S66	Hojas cloróticas se presentan franjas o parches en forma de tiras	Hojas_formas_tiras_franjas_parches	
S67	Manifiestan manchas oblongas marrones necróticas en las franjas amarillas	Manchas_oblongas_marrones_necroticas	Deficiencia de Zinc SEVERO
S68	Planta pequeña en tamaño que una hoja normal	Planta_pequena_a_lo_normal	
S69	Aumento mayor de densidad de pigmentación antocianina en la parte de abajo	Pigmentacion_antocianica_parte_inferior	
S70	Los racimos tienen frutos pequeños y doblados	Racimos_pequeno_doblados	Deficiencia de Zinc MUY SEVERO
S71	Presentan un color verde claro en la punta del banano	Banana_con_punta_color_verde_claro	
S72	Demora en el crecimiento de la planta y se debilita	Planta_atrofiada	

23. VIGESIMOTERCERA REGLA

Tabla LIII. Regla 23

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	Él [34] dice “Presenta una deficiencia de Zinc leve cuando, Se reducen las hojas, se manifiesta franjas amarillas y blancas entre las venas secundarias, Se manifiesta en hojas jóvenes cloróticas y angostas en punta, Hojas cloróticas se presentan franjas o parches en forma de tiras. ”.
Formulación Externa de la Regla	SI S63 IS “Hojas_angostas” AND S64 IS “Franjas_amarillas_y_blancas” AND S65 IS “Hojas_angostas_en_punta_cloroticas” AND S66 IS “Hojas_formas_tiras_franjas_parches” Entonces “Deficiencia de Zinc LEVE”
Regla	Deficiencia Zinc LEVE

24. VIGESIMOCUARTA REGLA

Tabla LIV. Regla 24

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [34] dice “Presenta deficiencia de Zinc severa cuando se manifiestan manchas oblongas marrones necróticas en las franjas amarillas, planta pequeña en tamaño que una hoja normal, aumento mayor de densidad de pigmentación antocianina en la parte de abajo.”.
Formulación Externa de la Regla	SI S67 IS “Manchas_oblongas_marrones_necroticas” AND S68 IS “Planta_pequena_a_lo_normal” AND S69 IS “Pigmentacion_antociacnica_parte_inferior” Entonces “Deficiencia de Zinc SEVERA”
Regla	Deficiencia Zinc SEVERA

25. VIGESIMOQUINTA REGLA

Tabla LV. Regla 25

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [34] dice : “Presenta una deficiencia de Zinc Los racimos tienen frutos pequeños y doblados, Las bananas tienen una punta característica de color verde claro, se retrasa el crecimiento y se atrofia la planta”
Formulación Externa de la Regla	SI S70 IS “Racimos_pequeno_doblados” AND S71 IS “Banana_con_punta_color_verde_claro” AND S72 IS “Planta_atrofiada” Entonces “Deficiencia de Zinc MUY SEVERA”
Regla	Deficiencia Zinc MUY SEVERA

– COBRE (Cu)

Tabla LVI. Cobre

Código	Nombre	Valores	Diagnostico
S73	La planta toma una apariencia de paraguas debido a que nervadura central y las venas principales se doblan hacia atrás	Nervadura_y_venas_se_doblan_hacia_atras	Deficiencia de Cobre SEVERO
S74	De color bronce y amarillo se tornan las hojas	Hojas_color_bronce_a_marillo	

26. VIGESIMOSEXTA REGLA

Tabla LVII. Regla 26

ESTADO DE LA REGLA	TEXTO DE LA REGLA
Palabras del Experto	El [34] dice: "Presenta deficiencia de Cobre severo cuando La planta toma una apariencia de paraguas debido a que nervadura central y las venas principales se doblagan hacia atrás y de color bronce y amarillo se tornan las hojas."
Formulación Externa de la Regla	SI S73 IS "Nervadura_y_venas_se_doblan_hacia_atras" AND S74 IS "Hojas_color_bronce_amarillo" Entonces "Deficiencia de Cobre SEVERO"
Regla	Deficiencia de Cobre SEVERO

4.1.2.2. Modelo de comunicación

En este modelo se representan los resultados de la ejecución por parte de un agente como objetos de información los cuales debe suministrar a otros agentes.



FIG.6 Modelo de Comunicación. Fuente propia

Tabla LVIII. Modelo de Comunicación

Modelo de comunicación	Hoja de trabajo CM-1
Nombre	Muestra interfaz
Información	Muestra gráfica con las proporciones de nutrientes existentes y faltantes Muestra abonos con los nutrientes Muestra zonas a nutrir
Involucrados	Usuario-sistema experto (Agente experto de nutrientes)
Restricciones	El usuario deberá llenar la interfaz con los datos del análisis de suelo. El usuario solicita nutrientes requeridos
Especificaciones del intercambio de información	Esta transición está compuesta por un gráfico con las proporciones de nutrientes existentes y a requerirse. Esta transacción muestra el abono con los nutrientes requeridos.

CM- 1: Modelo de comunicación

4.1.3. Nivel #3: De implementación

✓ El formulario principal del sistema experto creado presenta dos opciones en el cual podemos elegir entre los tipos de nutrientes que se localizan en la planta que son macronutrientes: nitrógeno, potasio, fósforo, etc. Micronutrientes como el boro, manganeso, etc.



FIG.7 Interfaz Principal. Fuente propia

✓ El formulario de macro- nutrientes se encuentra conformado por los 6 más importantes y esenciales una planta especificando el ACTUAL valor recibido según el análisis y el valor REGIMEN que debería tener y un RESULTADO que arroja un mensaje del porcentaje que falta para que la planta esté en un estado óptimo.

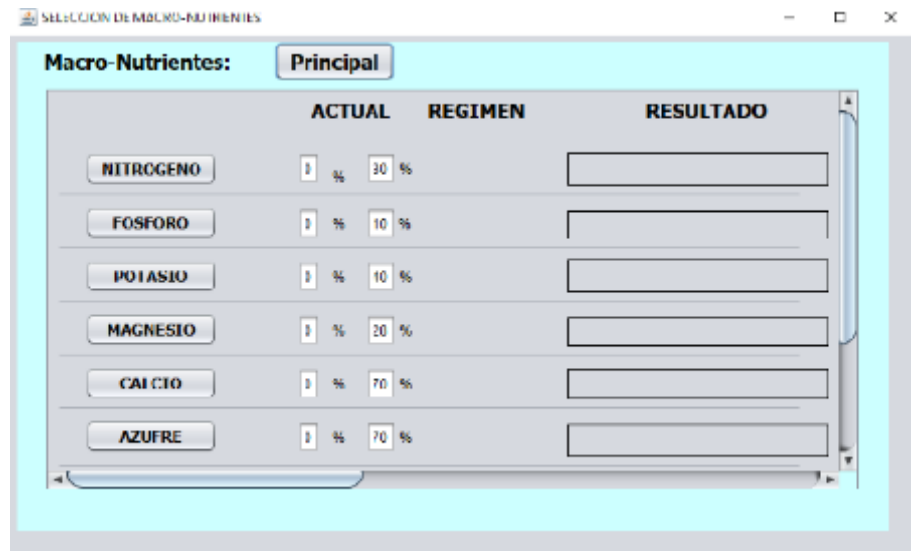


FIG. 8 Interfaz Secundaria de Macronutrientes. Fuente propia

✓ A continuación, se muestran las interfaces de cada macronutriente que se encuentran en la interfaz secundaria.



FIG. 9 Interfaz Nitrógeno. Fuente propia

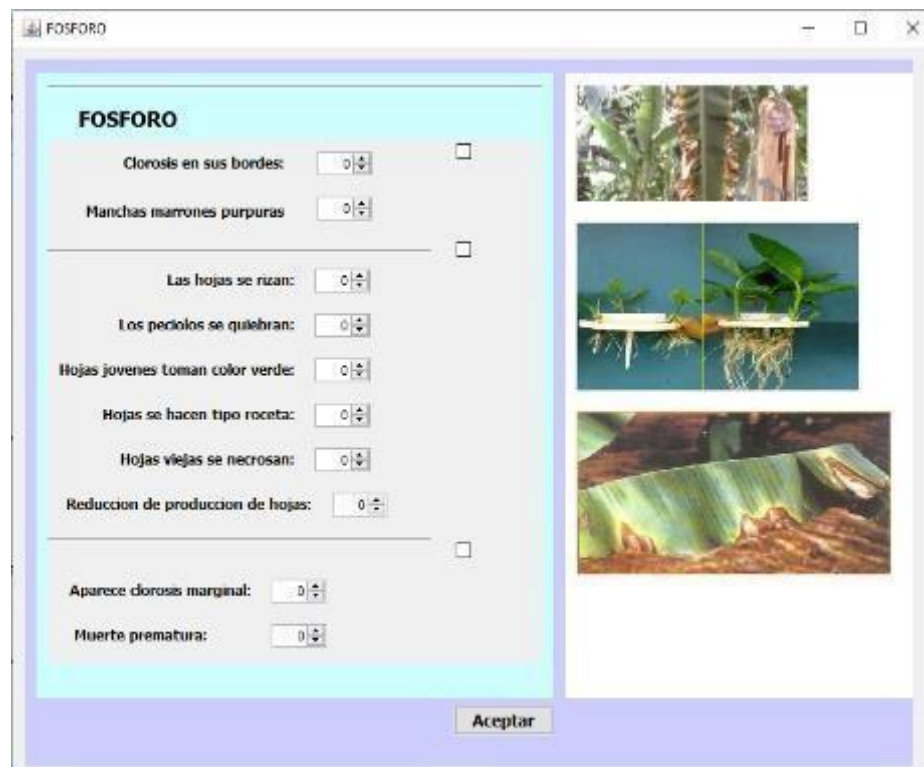


FIG. 10 Interfaz Fosforo. Fuente propia

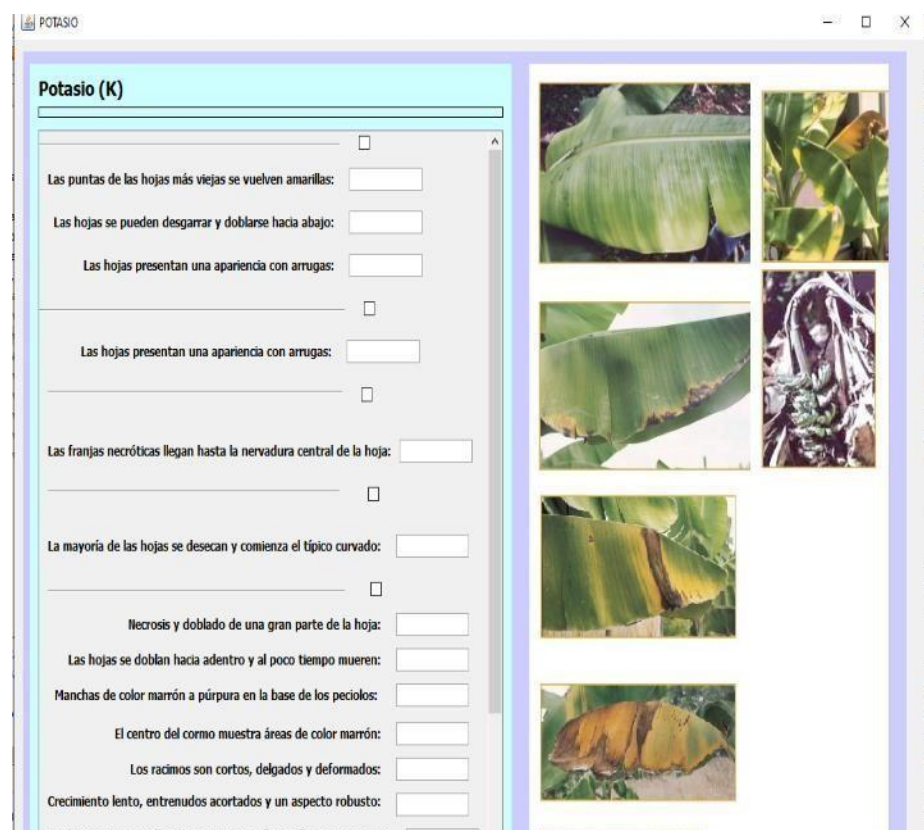


FIG. 11 Interfaz Potasio. Fuente propia

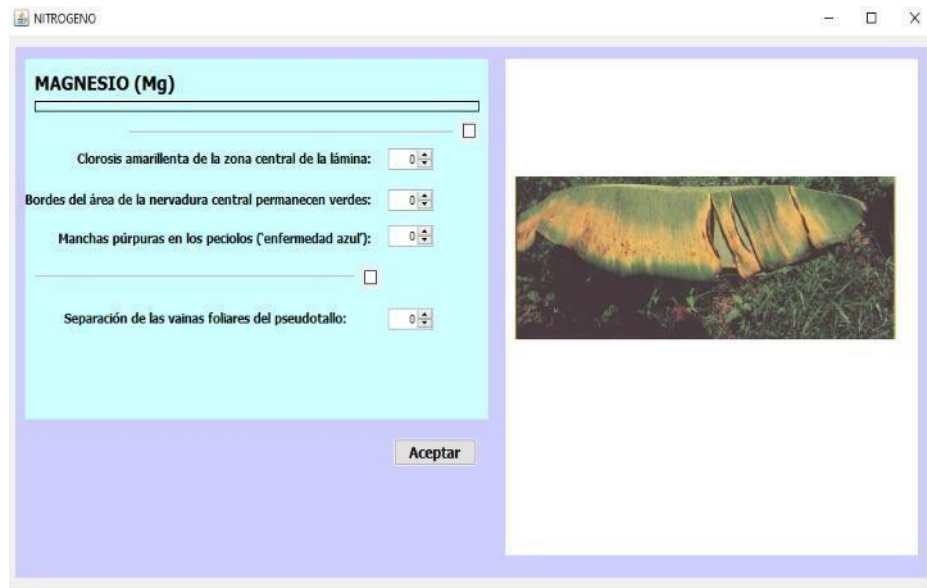


FIG. 12 Interfaz Magnesio. Fuente propia

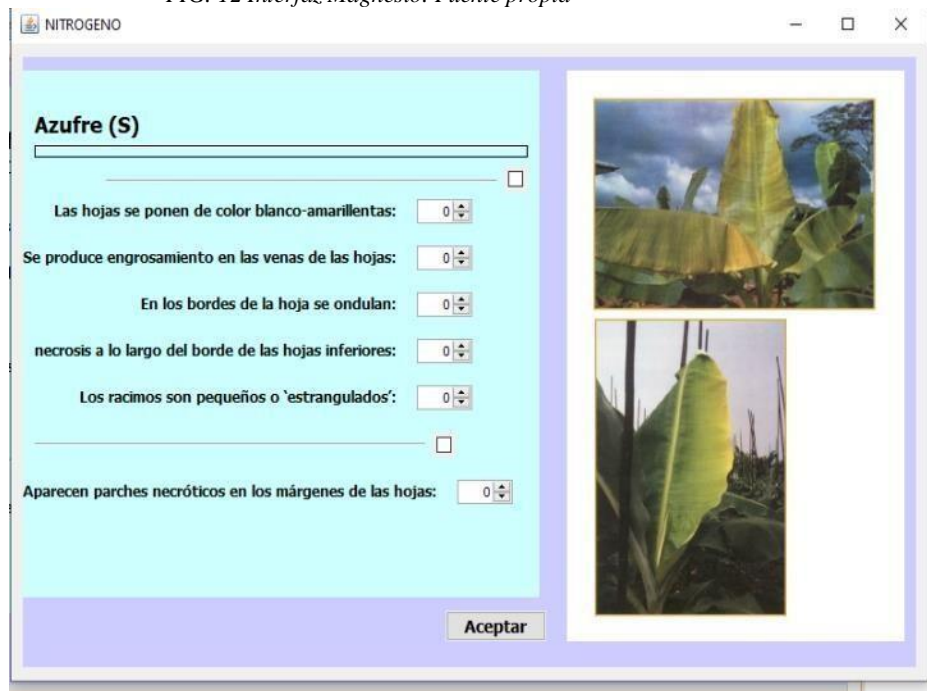


FIG. 13 Interfaz Azufre. Fuente propia



FIG. 24 Interfaz de Calcio. Fuente propia



FIG. 35 Interfaz Boro. Fuente propia

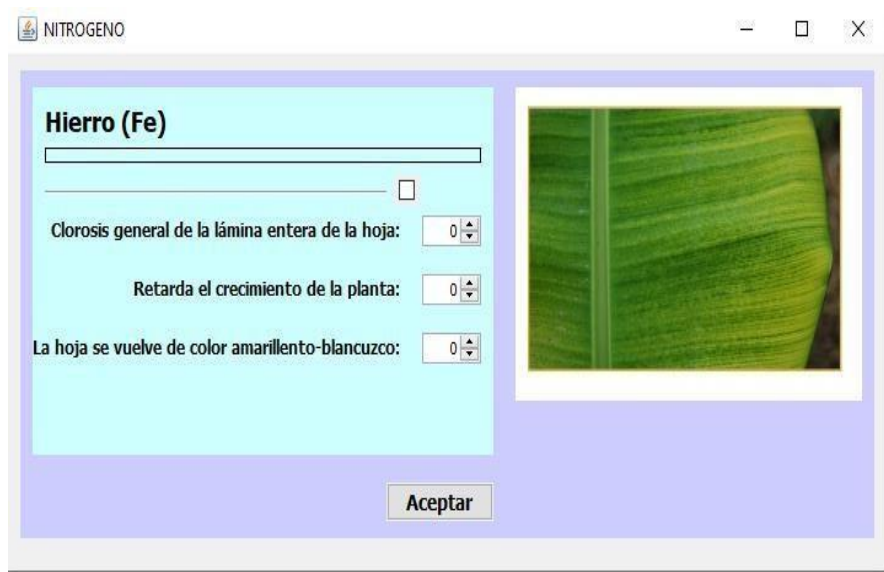


FIG. 46 Interfaz de Hierro. Fuente propia

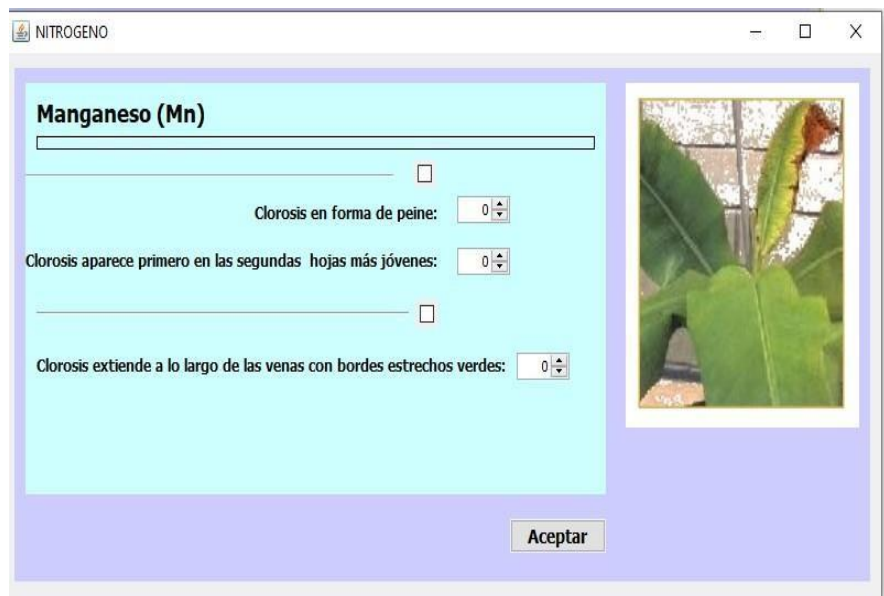


FIG. 57 Interfaz de Manganeso. Fuente propia

✓ Interfaz que arroja el programa NetBeans después de haber realizado el cálculo determinado según los síntomas diagnosticados, señalando que presentando en este caso un nivel severo en NITROGENO.

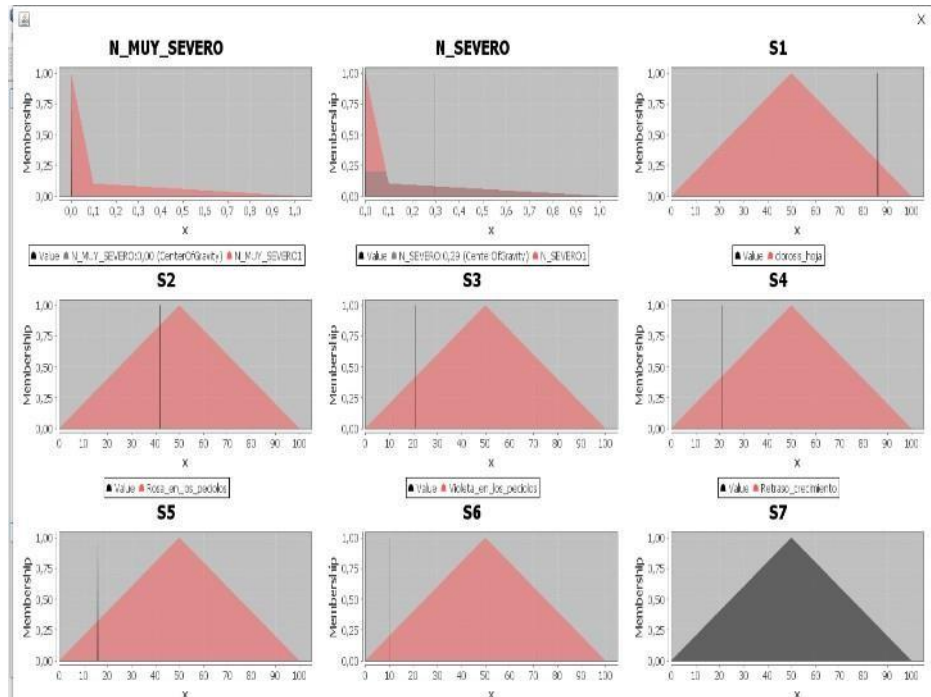


FIG. 68 Gráficos de porcentaje. Fuente propia

✓ Después de registrar los síntomas de un determinado macronutriente nos arroja el porcentaje obtenido y calcula un resultado sobrante, carente o estado óptimo según el porcentaje estándar

SELECCION DE MACRO-NUTRIENTES

Macro-Nutrientes: **Principal**

	ACTUAL	REGIMEN	RESULTADO
NITROGENO	29 %	30 %	Requiere N de : 1%
FOSFORO	0 %	10 %	
POTASIO	0 %	40 %	
MAGNESIO	0 %	28 %	
CALCIO	0 %	70 %	
AZUFRE	0 %	70 %	

FIG. 79 Comparación de Resultados. Fuente propia

4.2. En base a los objetivos de la investigación

4.2.1. Identificar los nutrientes que contribuyen a la fertilización del banano orgánico.

El análisis de suelos es una herramienta convencional utilizada por muchas empresas por ser de bajo costo y rápido, siendo la principal arma para diagnosticar problemas nutricionales en la planta y mejorar la fertilización. En la empresa Ana Banana S.A.C. emplean dicha técnica puesto que era factible y fácil la calibración de fertilizantes en la tierra para todos los trabajadores, sin embargo, la mayoría de las veces la planta recibía más de lo necesario requerido de nutrientes, ocasionando un crecimiento inadecuado de la planta.

A continuación, mostraremos el resultado del análisis del suelo y lo explicaremos detalladamente para entender que nutrientes están involucrados y así compararlo con el sistema experto creado.

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Departamento : FIURA

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺			
1	20189	7.79	2.34	0.10	1.45	23.7	3.92	35	50	15	Fr.L	13.60	8.70	3.07	1.48	0.37	0.00	13.60	13.60	100
2	20190	7.93	2.54	0.00	1.14	28.8	603	39	48	13	Fr.	11.20	6.00	3.10	1.69	0.42	0.00	11.20	11.20	100
3	20191	8.03	2.80	0.00	1.14	18.1	200	35	50	15	Fr.L	14.08	9.55	3.02	1.02	0.50	0.00	14.08	14.08	100
4	20192	7.70	5.07	0.10	1.26	20.7	171	25	58	17	Fr.L	14.40	9.25	3.52	0.83	0.81	0.00	14.40	14.40	100

FIG. 20 Análisis de suelos

Explicando las siglas y funciones:

- pH = Potencial de Hidrogeno
- C.E = Concentración de sales
- dS/m = Densidad por metro cuadrado
- CaCO₃ = Carbonato de calcio
- M.O = Materia orgánica
- ppm = Partícula por metro
- Fr. L = Franco limoso

- Fr = Franco
- CIC = Suma de cationes cambiabiles
- Sat. De bases = Saturación de bases

Cabe recalcar que el análisis de suelo realizado arroja el estado actual en que se encuentra la cosecha, se tomaron 4 muestras las cuales están enumeradas del uno al cuarto, teniendo como claves según el orden correspondientes, 20189 hasta 20192, el pH en el suelo es la medida de acidez o alcalinidad en los suelos, el índice varía entre 1 a 14, siendo 7 el neutro, si es menor a 7 es ácido y si es mayor a 7 es alcalino, los suelos aptos para la agricultura están entre 5.5 y 8.5 como es el caso, C.E refiere a la cantidad de sales por metro cuadrado que se encuentran en el suelo presentado un cuadro que puede afectar al cultivo ya que de 0-2 son muy ligeros y 2-4 ligera, puede afectar a los cultivos, de 4-8 media, la mayoría de los cultivos son afectados, CaCO_3 carbonato de calcio, denominado como materia fertilizante ya que contiene magnesio y calcio generalmente en forma de hidróxidos, M.O materia orgánica, se clasifica según el clima y nos dice el grado de fertilización del suelo, en el clima cálido si es menor que 5 bajo, 5-10 medio, mayor que 10 alto, los nutrientes más importantes están expresados en partículas por metros, entre los tipos de suelos tenemos arena, limo y arcilla, según los dos porcentajes mayores se determina el nombre del suelo expresado en la clase textual, en esta ocasión tenemos franco y franco limoso, CIC indica la capacidad y cantidad de intercambio catiónico que pueden ser retenidos por el suelo, los cationes se miden en miliequivalentes por cada 100grs de suelo seco, posteriormente se suman, para realizar el cálculo en porcentajes que posee cada nutriente, se requiere el número del catión dividido entre la suma de ellos y multiplicado por 100, este cálculo es fundamental para luego hacer la suma de porcentajes de cada catión y obtener la saturación de bases.

La fertilidad es imprescindible para el perfecto desarrollo del cultivo de banano orgánico, los niveles de nutrientes son de acuerdo al requerimiento nutricional de la planta, también es importante calcular el porcentaje adecuado que debería recibir la planta para su crecimiento y evitar de esta manera el desperdicio o carencia de nutrientes en la tierra, de tal manera que no se vea afectada en forma negativa o positiva el cultivo de banano.

Tabla LIX. Porcentaje de Nutrientes

Nutrientes		Porcentaje
Macronutriente	Nitrógeno	60 %
	Fosforo	40 %
	Potasio	15 %
	Magnesio	25 %
	Calcio	60 %
	Azufre	4 %
Micronutriente	Boro	30 %
	Hierro	10 %
	Manganeso	11 %

Los porcentajes que se muestra en la Tabla LIX fueron recolectados según la experiencia del experto, que brindó para hacer el cálculo correcto al momento de la comparación de los niveles actuales, óptimos y sugerir el porcentaje requerido.

4.2.2. Diseñar un modelo basado en lógica difusa para la determinación del nivel de nutrientes en el banano orgánico.

El sistema experto basado en lógica difusa permite determinar el requerimiento de cada nutriente en específico que tiene el cultivo de banano, el análisis se realiza observando las hojas de la planta de banano orgánico, de acuerdo a las características que presente serán registrados en el sistema experto, el cual posteriormente emitirá el porcentaje específico de acuerdo al nutriente que carece.

A continuación, mostramos de manera estructurada el funcionamiento interno del sistema experto, el operador visualiza y registra el porcentaje de daño de las hojas en el sistema, el sistema mediante las reglas xFuzzy arroja un porcentaje y nivel en el que se encuentran las hojas, para luego sugerir el porcentaje que se requiere para que la planta esté en estado óptimo, así mismo el código implementado para las reglas en la determinación de los niveles que presenta la planta.

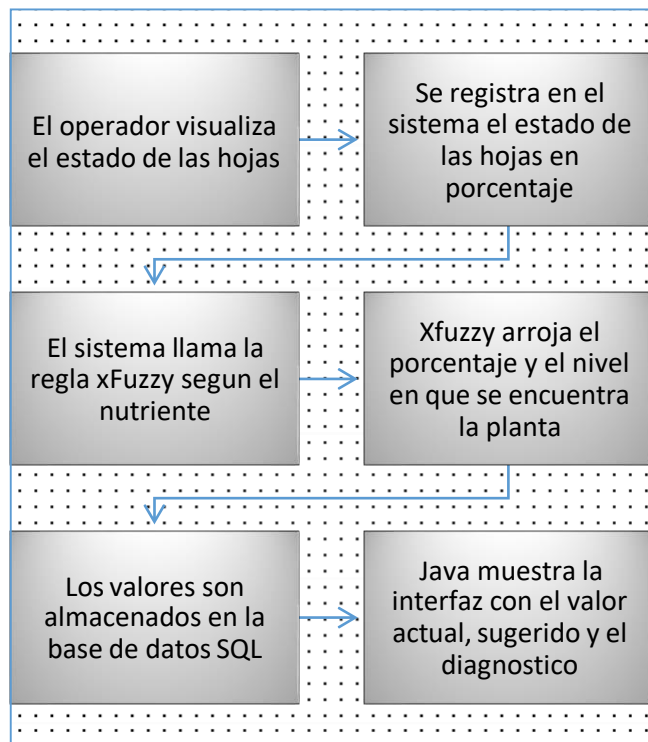


FIG. 21 Funcionamiento del sistema. Fuente propia

- Mostramos el comando que ejecuta la regla dependiendo el nutriente seleccionado

_FIS=

```
net.sourceforge.jFuzzyLogic.FIS.load("Nitrogeno.fcl",true);
```

Anteriormente a este comando importamos la librería jFuzzyLogic.FIS para poder cargar la regla guardada en el formato “fcl”.

- Ejemplo de regla:

```
VAR_INPUT (variables de entrada)
```

```
S1: REAL;
```

```
S2: REAL;
```

```
END_VAR
```

```
VAR_OUTPUT (variables de salida)
```

```
N_SEVERO:REAL;
```

```
N_MUY_SEVERO:REAL;
```

```
END_VAR
```

```
FUZZIFY S1 (Primera variable)
```

```

        TERM clorosis_hoja:= trian 0 50
100; (nombre y valores de variable)
    END_FUZZIFY
RULEBLOCK NO1 (correr la regla)
    RULE 1: IF S1 IS clorosis_hoja AND S2 IS
Rosa_en_los_peciolos AND S3 IS
Violeta_en_los_peciolos AND S4 IS
Retraso_crecimiento AND S5 IS
Pseudotallo_delgados AND S6 IS
Peciolos_hojas_pequenos THEN N_SEVERO
IS N_SEVERO1; (primera regla)
        RULE 2: IF S7 IS
quemado_nervdura THEN N_MUY_SEVERO
IS N_MUY_SEVERO1; (segunda regla)
    END_RULEBLOCK (fin de la regla)

```

De las reglas mostradas podemos tener como resultado 2 valores en las cuales muestran el nivel del estado actual de la planta:

- N_SEVERO = si presenta los síntomas como clorosis_hoja denominada como S1 y así sucesivamente hasta S6 entonces son severos sus síntomas
- N_MUY_SEVERO = si presenta los síntomas como quemado_nervdura denominada S7 entonces son muy severos los daños.

Para poder almacenar los datos que se obtuvieron en el sistema, debemos llamar a la librería “MySQL JDBC driver” también debemos instalar “sqljdbc.jar”, primero debemos abrir la conexión:

```

public void conectar() throws Exception{
    try {
        Class.forName(driver);
        con = DriverManager.getConnection(url, user, password);
    } catch (ClassNotFoundException | SQLException ex) {
        //JOptionPane.showMessageDialog(null, "Error:" + ex.toString()
        throw new Exception("Error al conectar a la BD");
    }
}

```

FIG. 82 Conexión base de datos. Fuente propia

Teniendo en cuenta que las variables url, user y password son ingresadas con anterioridad para poder hacer la conexión de lo contrario saldrá error. El siguiente código se utilizará para cerrar la conexión con la base de datos.

```

public void desconectar(){
    try {
        con.close();
    } catch (SQLException ex) {
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "Error:" + ex.toString(),
        "Conectando...", JOptionPane.ERROR_MESSAGE);
    }
}

```

FIG. 93 Desconexión de base de datos. Fuente propia

Para el desarrollo del sistema experto se ha utilizado libros de investigación y expertos en el campo que laboran en la empresa Ana Banana S.A.C, se ha podido recolectar la información necesaria para el logro exitoso de la implantación de 26 reglas que ayudaran a una persona inexperta en la determinación de los niveles óptimos que requiere la planta para poder dar un fruto de exportación.

4.2.3 Validar el modelo de lógica difusa para la precisión en la determinación de nutrientes.

Para validar el modelo de lógica difusa se requirió la ayuda del experto en campo, cuya labor fue la observación de las hojas del banano y la documentación de los porcentajes de daños presentados en dichas hojas, se realizó una prueba de campo con el ingeniero a cargo durante 1 semana.

Nos localizamos en la zona 1, posee 20 hectáreas y cada hectárea tiene 2 mil plantas de banano, por lo tanto, lo dividimos en 4 sectores según la toma de los suelos, de las 10,000 plantas que contiene un sector, el ingeniero seleccionó cualquier planta de banano e inspeccionó las hojas, tomó su porcentaje de daño y por último, registró en el sistema. En las siguientes fotos mostraremos las hojas de las plantas que seleccionó en cada sector y los datos que se registraron en el sistema, luego analizamos los resultados y comparamos los datos según la opinión del experto.

Sector 1:



FIG. 104 Sector 1. Fuente propia

Una planta bien nutrida tiene entre 12 y 14 hojas, se examinaron 3 plantas en distintas partes de cada sector y todas presentaron los mismos daños relacionados a la imagen mostrada, es por ello que se mostrará solo una imagen de cada sector.

Sector 2:



FIG. 115 Sector 2. Fuente propia

Sector 3:



FIG. 126 Sector 3. Fuente propia

Sector 4:



FIG. 137 Sector 4. Fuente propia

Después de recolectar todos los datos, mostramos a continuación los porcentajes que registró el ingeniero en el sistema y fueron colocados según el daño causado en la planta, siendo 0 nada y 100 demasiado.

NITROGENO	FOSFORO	Boro (B)
Clorosis de las hojas: 30	Clorosis en sus bordes: 70	
Rosa en los peciolos: 30	Manchas marrones purpuras: 10	Rayas blancas en forma perpendicular en la parte inferior de la lámina: 50
Minúta en los peciolos: 20		Estrias cloróticas en las hojas: 50
Retraso en crecimiento: 50	CALCIO (Ca)	Malformación de las hojas: 50
Pseudotallo delgado: 10		Reducción en el peso y el tamaño del racimo: 10
Peciolos hojas pequeñas: 10	Franjas amarillas en forma paralela a la nervadura central de la hoja: 10	
Potasio (K)	Azufre (S)	
Las puntas de las hojas más viejas se vuelven amarillas: 80	Las hojas se ponen de color blanco amarillentas: 00	
Las hojas se pueden desgarrar y doblarse hacia abajo: 40	Se produce engrosamiento en las venas de las hojas: 10	
Las hojas presentan una apariencia con arrugas: 10	En los bordes de la hoja se ondulan: 50	
	necrosis a lo largo del borde de las hojas inferiores: 10	
	Los racimos son pequeños o 'estrangulados': 10	
MAGNESIO (Mg)	Hierro (Fe)	
Clorosis amarillenta de la zona central de la lámina: 80	Clorosis general de la lámina entera de la hoja: 80	
Bordes del área de la nervadura central permanecen verdes: 10	Retarda el crecimiento de la planta: 10	
	La hoja se vuelve de color amarillento-blancuzco: 20	

FIG. 148 Registro de datos. Fuente propia

En la imagen siguiente se puede observar los resultados que nos dio el sistema, producto del análisis de los 4 sectores y están expresando en porcentajes, indicando el estado actual del nutriente en la planta y manifestando el porcentaje excedido o carente.



FIG. 159 Resultado 1. Fuente propia



FIG. 30 Resultados 2. Fuente propia

Los resultados del sistema son: En la clase de macronutrientes se requiere de nitrógeno 31%, de fosforo 11%, en estado óptimo se encuentra potasio, magnesio y calcio, un exceso de azufre con 25%. En la clase de micronutrientes tenemos una falta de boro con 1%, exceso de hierro 19% y manganeso 17%, estos datos fueron expuestos ante el ingeniero experto y concluyo que el porcentaje de aciertos del sistema con respecto a su conocimiento y análisis de suelo, el producto a prueba tiene una efectividad de 99.9% debido que en algunos nutrientes los valores se excedieron a 0.1%.

Tabla LX Porcentaje de aciertos

	Sectores	Hojas analizadas	Porcentaje de aciertos
Sistema Experto	1	36	99.9%
	2	28	99.9%
	3	30	99.9%
	4	15	99.9%

Al obtener un porcentaje de efectividad alto, el sistema nos brinda la seguridad de poder enriquecer la cosecha de manera óptima y así evitar gastos innecesarios y obtener las dimensiones del fruto de exportación requerido.

4.3. Impactos esperados

4.3.1. Impactos económicos

En lo económico porque el desarrollo de un sistema experto optimiza el porcentaje de nutrientes para la tierra, de acuerdo al requerimiento de la planta especificado. De esta manera la empresa evita gastos adicionales concerniente a la fertilización de la tierra, por lo contrario, generaría mayor índice de ingresos puesto que habría mayores hectáreas de producción de banano y por ende exportación de este.

4.3.2. Impactos sociales

En lo social por las exportaciones de banano orgánico que realizaría la empresa. De esta manera la empresa se haría más conocida a nivel internacional tanto por la cantidad de producto exportado como la calidad de este.

4.3.3. Impactos en tecnología

El aporte a la investigación se fundamenta en el desarrollo de un sistema experto basado en lógica difusa de bajo costo para la

empresa, pues el algoritmo fue desarrollado en compañía de los agrónomos de la empresa. Se espera que la implementación de este sistema experto represente un antecedente para próximas investigaciones en la determinación de nutrientes en la tierra.

4.3.4. Impactos ambientales

La empresa Ana Banana S.A.C. al cumplir con el requerimiento nutricional adecuado según los requerimientos de la tierra y de la planta, contribuye de manera favorablemente al medio ambiente puesto que realiza la cosecha de banano orgánico sin alteraciones químicas.

V. DISCUSIÓN

Para este capítulo se presenta, el análisis de la hipótesis y objetivos planeados en la investigación y como se relaciona con los resultados obtenidos de la aplicación desarrollada para el proceso de determinación de nutrientes en el cultivo de banano orgánico de Ana Banana S.A.C.

El sistema experto basado en lógica difusa buscó optimizar el uso de los nutrientes en la tierra, de tal manera que cada nutriente añadido a la tierra tenga una base científica, basada en los conocimientos previos de los agrónomos y en los fenómenos observables que sucedían en la planta del banano orgánico; obteniendo de ello un porcentaje preciso del nutriente que requiere ser añadido a la tierra para el crecimiento óptimo de la cosecha. Dejando de lado el uso tradicional, el análisis de tierra; según Vera [9] el cual indica que el programa de fertilización es utilizado sin utilizar exámenes de suelo, ya que el uso de la tecnología detecta el porcentaje de nutrientes de manera más precisa.

El algoritmo utilizado en el sistema experto se apoya en el análisis foliar y conocimientos de los agrónomos de la empresa; Soto [16] nos menciona que el uso de lógica difusa es de suma importancia para la comparación del resultado erróneo con el requerido, alcanzando la calidad del producto. Por lo contrario Contreras y Marrufo [15] alude a que la lógica difusa coopera a la calidad del producto cuando se evalúa las enfermedades de la planta y en base a ello publicar un porcentaje del nutriente que carece; en base a chicas investigaciones es que se expuso un sistema experto con una lógica difusa que considere ambos aspectos, las características y enfermedades de la planta de banano orgánico.

Con respecto a las resultantes obtenidas en la investigación del sistema experto adecuado para la determinación de nutrientes en el cultivo de banano orgánico, se pudo definir que el óptimo es el uso de la metodología CommonKADS debido a que es un sistema computarizado que permite ingresar información basada en el conocimiento, como lo manifiesta Jaramillo [19], esta metodología es facilita el procesamiento de conocimiento cualitativo, por ende es la ideal para el ámbito administrativo y mejorar la validez en las decisiones que se pudiesen tomar.

Teniendo en cuenta las resultantes obtenidas luego de haber desarrollado el sistema experto basado en lógica difusa se pudo establecer que tomando en cuenta la metodología CommonKADS el cual es desarrollada en base a niveles, pudiendo de esta

manera analizar la situación problemática en la empresa Ana Banana S.A.C. Haciendo uso de esta metodología se pudieron realizar la resolución de las carencias de nutrientes que tenía la tierra, de esta manera también se pudo controlar las enfermedades de la planta en base al conocimiento de agrónomos y análisis foliar respectivo, para finalmente ser validado por la empresa.

Para los resultados obtenidos de la validación del sistema experto se pudo establecer que el agrónomo realice una evaluación de este, considerando datos brindados por la empresa para que puede determinar la veracidad del resultado obtenido.

VI. CONCLUSIONES

1. Producto de la investigación, con ayuda de los agrónomos de la empresa y teniendo en cuenta las últimas cosechas obtenidas en base al método tradicional se determinó que solo ello no era necesario, por lo tanto, el uso del sistema experto basado en la experiencia, conocimientos de los agrónomos y libros dio como resultado una cosecha óptima ya que los nutrientes en la tierra eran de acuerdo al requerimiento de la planta de banano orgánico.
2. Se analizaron cada uno de los nutrientes que contribuyen a la fertilización del banano orgánico, siendo la base el requerimiento de la planta en un porcentaje adecuado, porcentaje que es emitido por el sistema experto después de ingresar los datos característicos de la hoja de la planta de banano.
3. Se desarrolló un sistema experto basado en lógica difusa para la determinación de nutrientes en el cultivo de banano orgánico y se determinó que la metodología CommonKADS permite en ingreso de valores cualitativos, considerando las características de la hoja de banano, así como también el conocimiento de los agrónomos de la empresa; facilitando el porcentaje adecuado del nutriente que necesita la planta para su crecimiento.
4. Se realizaron las pruebas necesarias con el agrónomo para verificar la certeza de los resultados que emite el sistema experto.
5. Se concluye que el sistema experto es capaz de calcular el nivel de nutriente que solicita la planta según las características que presente la misma, de tal manera que la cosecha sea de calidad, disminuyendo los gastos de la empresa, por lo contrario, obteniendo mayor producción y exportación de su producto.

VII. RECOMENDACIONES

- 1.** Deseando una mejora continua del trabajo de investigación, se recomienda complementar el sistema experto con mayores características y enfermedades que pudiese llegar a tener la planta de banano orgánico que puedan surgir con el tiempo, considerando estudios validados por organizaciones o agrónomos.
- 2.** Incorporar reconocimiento de imágenes, que complementarían los datos registrados por los trabajadores de la empresa, de tal manera que se pueda lograr resultados en menos tiempo y eficientes para la determinación de nutrientes en el cultivo de banano orgánico.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-i6927s.pdf>. [Último acceso: 26 05 2020].
- [2] U. Vegas Rodríguez, «Manejo Integrado de Banano Orgánico,» Agrobanco, Chepén, 2013.
- [3] «AGQ labs,» [En línea]. Available: <https://agqlabs.pe/analisis-completo-de-suelos/>. [Último acceso: 21 05 2019].
- [4] A. Vera, «Gobernador destaca importancia del banano organico en la región,» *Diario el Regional Piura*, p. 1, 19 11 2015.
- [5] J. Dulanto, «Experiencias en el manejo agronómico del cultivo de banano orgánico de exportación en el Valle del Chira-Sullana a nivel de pequeños productos,» Master Profesionales Asociados S.A.C, Chira, 2014.
- [6] P. Furcal-Beriguete y A. Barquero-Badilla, «Fertilización del Platano con Nitrógeno y Potasio,» *Agronomía Mesoamericana*, vol. 2, nº 25, pp. 267-278, 30 06 2014.
- [7] J. Espinosa y F. Mite, «Estado actual y futuro de la nutrición y fertilización del banano,» Informes Agronómicos, Quito, 2015.
- [8] U. Vegas Rodriguez y J. C. Rojas Llanque, «Fertilización y manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de banano organico,» Agrobanco, Tumbes, 2011.
- [9] V. Vera Arana, *Estudio de la fertilización edáfica en cultivo establecido de banano en la Hacienda Isabel María*, Los rios: Universidad técnica de Babahoyo, 2018, p. 38.
- [10] Á. J. Flórez, «Integración de la metodología CommonKADS y la lógica difusa en un sistema experto para apoyar en proceso de selección de personal,» Medellín, 2016.
- [11] N. Martínez Rojas y H. H. Andrade Sosa, «Integración de la lógica difusa a la dinámica desistemas para la selección de terrenos de cultivosagrícolas,» *Revista Elementos*, vol. 6, nº 6, pp. 149-166, Junio 2016.
- [12] E. Niquin-Alayo, E. Vergara-Moreno y M. Calderón-Niquin, «FERTIDIF: software para la planificación de fertilización agrícola basado en optimización lineal con costos difusos,» *Scientia Agropecuaria*, vol. 1, nº 9, pp. 103-112, 2018.

- [13] J. L. L. Cervera, «Aplicación del control difuso de la temperatura en un biogestor anaeróbico para la generación de biogás en condiciones de invernadero en Tacna,» Tacna, 2015.
- [14] J. C. S. Bohórquez, «Evaluación de la calidad de los granos de cacao por imagenes hiperespectrales basadas en técnicas de lógica difusa,» Piura, 2016.
- [15] W. I. Contreras Ventura y M. Á. Montoya Marrufo, «Diagnóstico de deficiencias nutricionales utilizando lógica difusa en la planta de café,» Chiclayo, 2015.
- [16] M. C. Soto, «Sistema experto de diagnostico medico del Síndrome Guillian Barre,» Lima, 2017.
- [17] M. Carlos Soto, «Sistema experto de diagnostico medico del Síndrome de Guillian Barre,» Lima, 2017.
- [18] J. M. Pignani, «Sistemas Expertos,» Rosario.
- [19] A. Jaramillo, *Integración de la metodología CommonKADS y la lógica difusa en un sistema experto para apoyar el proceso de selección de personal*, Medellín.
- [20] M. J. S. Ferrando, «Procesado y optimización de espectros Rman mediante técnicas de lógica difusa: aplicación a la identificación de materiales pictóricos,» Catalunya, 2005.
- [21] «Zipmec,» edysma , 2017. [En línea]. Available: <https://www.zipmec.com/es/las-variedades-de-banana.html>. [Último acceso: 21 05 2019].
- [22] A. Cesar, «Producción orgánica de bananos: la experiencia del Perú,» 2019.
- [23] E. Rendón, «El análisis de vulnerabilidad como instrumento para la toma de decisiones: El caso de agricultura en la provincia de Morropón, Piura,» *Saber y Hacer*, vol. 2, nº 2, pp. 97-99, 2015.
- [24] MINAGRI, Estudio agrológico detallado del valle del Alto Piura, Piura, 1974.
- [25] j. Espinosa, «Recomendaciones nutricionales para banana,» Haifa, 2017.
- [26] S. Jaramillo, «Agrocalidad,» Agrocalidad, 25 julio 2018. [En línea]. Available: <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>.
- [27] M. Perez, «Fertilización orgánica,» *Maquita Cushunchic*, 2015.
- [28] F. D. L. S. Silva, *Análisis comparativo de la productividad de metodologías Commonkads vs Buchanan para el desarrollo de un sistema experto de gestión de*

cultivos para la JURECH, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016, p. 138.

- [29] D. R. H. Sampieri, C. Fernández Collado y M. d. P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 5 ed., Mexico: Mc Graw Education, 2014, p. 656.
- [30] L. F. Giraldo Jaramillo y D. M. Montoya Quintero, «Aplicación de la metodología Commonkads en la gestión del conocimiento,» *Revista CEA*, vol. 1, nº 2, pp. 99-108, 2015.
- [31] Pilar Folqueiras, «Técnica de recogida de información: La entrevista,» 2016.
- [32] J. C. Carlos Llanque, *El cultivo del banano organico*, Piura: Ministerio de Agricultura, 2012.
- [33] haifa-group, «Recomendaciones nutricionales para banana,» Piura, 2012.
- [34] A. Lopez M. y J. Espinosa M., «Manual de nutrición y fertilización del banano,» de *Una visión práctica del manejo de la fertilización*, Piura, Western Diversification Program (WDP), 1995, p. 86.
- [35] J. C. Rojas Llanque, «El cultivo del banano organico,» de *Requerimientos nutricionales para el banano*, Piura, Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria INIA, 2012, p. 20.
- [36] J. C. Rojas Llanque, «Labores culturales y protección de la fruta,» de *El cultivo de banano organico*, Piura, Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria INIA, 2012, p. 17.

IX. ANEXOS

**ANEXO N° 01. CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL PRODUCTO
ACREDITABLE DE LA ENTIDAD DONDE SE EJECUTÓ LA TESIS**

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de independencia"

Carrasquillo, 18 de Noviembre del 2020

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Certifico haber leído y aprobado el contenido y formato del producto acreditable, titulado: **SISTEMA EXPERTO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO. EMPRESA ANA BANANA S.A.C. PIURA 2019** desarrollado por el estudiante Castro Mazabel Arnaldo Rafael identificado con DNI 73860219, quien desarrollo dicho trabajo en la Empresa Ana Banana S.A.C. con RUC 20529866560 en Carrasquillo ubicado en el distrito de La Matanza, Provincia de Morropón, en la región de Piura.

Se expide esta constancia a solicitud del interesado para fines que estime conveniente.

Atentamente,



CARLO M. ZAPATA Z.

DNI 03373052

ENCARGADO - SANIDAD VEGETAL

ANEXO N° 02. ANÁLISIS DE RIESGOS

1. Datos generales

- Tesista : Arnaldo Rafael Castro Mazabel
- Fecha inicial : 22 de setiembre de 2018
- Fecha final : 10 de junio de 2020

2. Alcance del proyecto

Se desarrollará el Sistema experto para determinar el nivel de nutrientes que requiere el Cultivo de Banana Orgánico para la empresa Ana Banana S.A.C., con la finalidad de dotar a la tierra de la cantidad y tipo de nutrientes necesario para el buen crecimiento del banano haciendo uso del análisis de suelo.

El sistema implementado permite determinar el nivel de nutriente necesario de acuerdo a la tierra, clima y diversos factores que pudiesen alterar la tierra, logrando así nutrir óptimamente la tierra para el crecimiento adecuado y a tiempo del banano.

La información será presentada mediante un documento, para ello será necesario contar con un equipo de alto nivel de almacenamiento y disco duro.

B. Interesados

Durante el desarrollo de la presente tesis se ha identificado a los siguientes interesados:

- **Internos**

Tabla LXI. Interesados Externos

	Participación
Ing. Emilio Alfredo Navarrete	Dueño de la empresa Ana Banana SAC, compuesta por 100 hectáreas en la cual 70 se produce el banano, será quien financie el proyecto de investigación.
Ing. Carlos Alzamora Carmen	Socio de la empresa Ana Banana SAC, quien nos brinda la información necesaria para el progreso del proyecto de investigación.

- **Externos**

Tabla LXII. Interesados Externos

	Participación
Consumidor	Serán los críticos acerca de la calidad del banano orgánica.
Empresa certificadora	Corroborara la calidad de las prácticas agrícolas que se realiza en la empresa Ana Bana SAC.

1. Beneficios

Los beneficios que se van a obtener con el producto que se ha desarrollado son:

- Minimizar los gastos en nutrientes no necesarios para el crecimiento del banano orgánico.
- Aminorar el desperdicio de nutrientes.
- Reducir la incidencia de bananos en mal estado por falta de nutrientes necesarios en la tierra.
- Proveer de la cantidad de nutrientes específicos y necesarios para la tierra.

2. Etapas de desarrollo

Para el desarrollo del producto de la presente tesis se ha realizado considerando las etapas de la Metodología CommonKADS, que consta de las siguientes etapas:

- **Nivel de contexto**

- **Actividades realizadas**

- Identificar los problemas presentes en la Zona.
 - Descubrir las oportunidades que pudiera haber en la Zona.
 - Establecer la factibilidad del sistema experto.
 - Evaluar el impacto del sistema implementado.

- **Riesgos**

- Pérdida de la información obtenida de la Zona.
 - Poca factibilidad del sistema experto por falta de recursos.
 - Sistema implementado no logra los objetivos por problemas de gestión y

Tabla LXIII. Riesgos Nivel Contexto

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Nivel afectado	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Perdida de la información obtenida de la Zona.	Nivel de contexto	Extravió o falsificación de la información	Personal interno	5	Calidad	5	80	ALTO
RE1 – 002	Poca factibilidad del sistema experto por falta de recursos.	Implementación	Presupuesto alterado y mal calculado	Personal interno y responsable del proyecto	2	Alcance Tiempo costo	3	50	MEDIO
RE1 – 003	Sistema implementado no logra los objetivos por problemas de gestión y financiamiento	Implementación	Financiamiento inadecuado por falta de buena gestión	Personal interno	2	Alcance	3	30	BAJO

- **Nivel Conceptual**

- **Actividades realizadas**

- Establecer comunicación con los expertos y trabajadores.
 - Descripción de las características del sistema experto.
 - Evaluar las restricciones y la forma de actuar del agente.

- **Riesgos**

- Difícil captación del personal experto y de los trabajadores por múltiples factores.
 - Sistema experto sin pruebas necesarias de validación para ver su efectividad.
 - Falta de compromiso de los expertos y trabajadores para con el agente.

Tabla LXIV. Riesgos Nivel Conceptual

Código del riesgo	Descripción del riesgo	Nivel afectado	Causa raíz	Entregables afectados	Estimación probabilidad	Objetivo afectado	Estimación Impacto	Probabilidad por impacto	Nivel de riesgo
RE1 – 001	Difícil captación del personal experto y de los trabajadores por múltiples factores	Nivel de análisis	Causas imprevisto de los trabajadores y expertos	Responsable del proyecto de investigación	5	Alcance Calidad	5	70	ALTO
RE1 – 002	Sistema experto sin pruebas necesarias de validación para ver su efectividad.	Implementación	No se evaluó la efectividad del sistema experto concerniente al cumplimiento de objetivos	Personal interno	3	Alcance tiempo costo	4	40	MEDIO
RE1 – 003	Falta de compromiso de los expertos y trabajadores para con el agente.	Análisis del sistema experto	No se identificó el grado de compromiso de los trabajadores	Responsable del proyecto de tesis	2	Alcance	3	20	BAJO

ANEXO N° 03. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

GUIA DE LA ENTREVISTA ABIERTA AL INGENIERO A CARGO EN LA EMPRESA ANA BANAN S.A.C

La presente entrevista se realizará con el objetivo de describir, analizar y determinar el nivel de nutrientes utilizados y empleados en las hectáreas de los bananos orgánicos. Se debe recalcar que toda información que usted brinde será utilizada en la investigación, la cual será confidencial.

DATOS PERSONALES:

Nombres: _____

Apellidos: _____

Edad: _____

Estado civil: _____

Cargo: _____

Tiempo de servicio: _____

Preguntas:

1. ¿Qué tipo de nutrientes son importantes para el desarrollo de la planta?
2. ¿Cómo realizan la medición de los nutrientes en la planta?
3. ¿Qué porcentaje de cada nutriente es requerido en la planta?
4. ¿Qué tipo de fertilizante usa y como lo elabora?
5. ¿Cuál es el proceso que realizan para el análisis del suelo?
6. ¿Cómo leen los datos obtenidos del análisis de suelos?
7. ¿Cuál es el nutriente más requerido para la planta?
8. ¿Cómo y cuándo realizan la fertilización del campo?
9. Considera usted ¿Qué el método utilizado para saber el porcentaje de nutrientes es correcto?

Manual de usuario

Nutri Ana Banana
Sistema Experto



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Sistemas Operativo recomendado: Windows

Desarrollado por: Arnaldo Rafael Castro Mazabel

Programado con herramientas: NetBeans, Xfuzzy

Año de lanzamiento: 2020

Contacto: 964575550

Nutri Ana Banana
Sistema Experto

Manual del Usuario por Formularios y Componentes

INSTALACION DE LA APLICACIÓN

1. Descomprimos el archivo zip denominado “Sistema”



2. Nos aparecerá esta aplicación de escritorio llamada “Sistema Nutri ANA BANANA”



3. Le damos clic derecho y lo ejecutamos

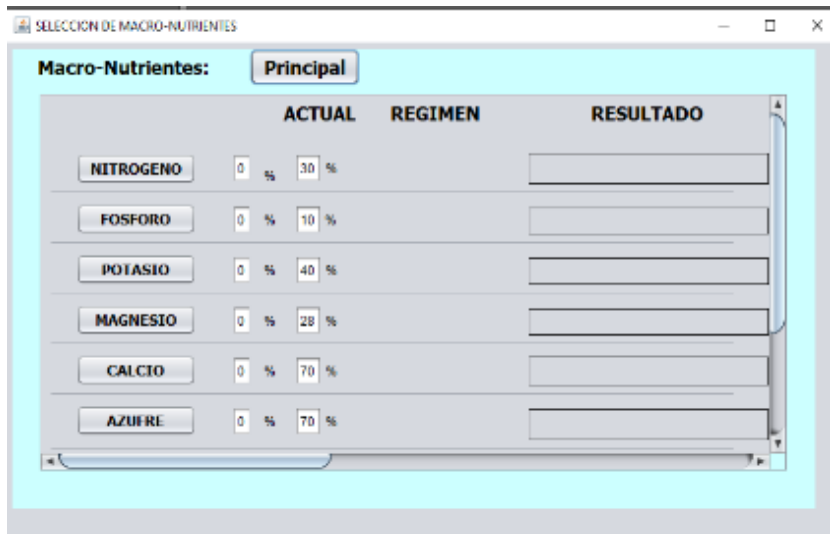


MANEJO DE LA APLICACIÓN

4. En la interfaz de selección de tipos de nutrientes, tenemos entre Macronutrientes donde se encuentran los principales y fundamentales nutrientes de la planta del banano y tenemos los Micronutrientes que son aquellos que no son tan esenciales en la planta, pero si requeridos.



5. Si seleccionamos la primera opción nos aparece la lista de todos los nutrientes



6. En la columna denominada “ACTUAL” aparecerá el porcentaje actual del nutriente que se encuentra en la planta

ACTUAL
0 %
0 %
0 %
0 %
0 %
0 %

7. En la columna denominada “REGIMEN” se establece el porcentaje requerido del nutriente en la planta del banano orgánico.

REGIMEN
30 %
10 %
40 %
20 %
70 %
70 %

8. En esta columna aparecerá un mensaje dependiendo del nivel que se encuentre el nutriente:
- Si el nivel de nutriente es óptimo aparecerá: “BIEN “de color verde
 - Si el nivel de nutriente es excedente aparecerá:” EXCESO” de color amarillo
 - Si el nivel de nutriente es menor a lo esperado aparecerá: “FALTA” de color rojo

BIEN	EXCESO	FALTA
------	--------	-------

9. En la columna denominada “RESULTADO” se describirá de manera detallada la carencia, excedente o estado óptimo del nutriente

RESULTADO
N, en estado optimo 0%
Contiene un exceso de: 15% de FOSFO...
Requiere: 9% de POTASIO