

**DISEÑO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA LA IDENTIFICACION
DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DEL ARROZ *Oryza sativa* L.
EN COLOMBIA.**

*Camilo Sánchez L.**

*Alvaro Vega S.**

*Alejandro Jaramillo A.***

COMPENDIO

El "Sistema Experto" brinda información referente a la etiología, epidemiología, y control de 29 enfermedades del cultivo. Además cuenta con ayudas gráficas que sirven para la comparación visual de las conclusiones dadas por el programa y la observación realizada en el campo. El sistema realizado es el fruto del trabajo conjunto entre un experto (Fitopatólogo) y los autores con la asesoría del director del trabajo, de otra parte el conocimiento está sustentado también en la revisión de literatura. Los criterios utilizados para la elaboración del programa fueron: estado fenológico de la planta, órgano o parte afectada, síntoma general y síntoma específico. Este "software" trabaja en computadores IBM o compatibles con sistema operacional MS-DOS, fue programado en lenguaje Turbo prolog y se utilizó un "System" para el enlace de los gráficos que son manejados por el programa VGIF.EXE.

ABSTRACT

An "Expert System" to identify diseases in the Rice crop *Oryza sativa* L. in Colombia, It provides information about Etiology, Epidemiology, and Control of 29 diseases. Also it has graphic helps which provide a visual comparison with field observations. The work was based on knowledge acquired from expert and literature revision. The criteria used were: Plant phenology, plant part damage, general damage and specific damage. This "software" works with IBM-compatible MS-DOS and Turbo Prolog Shell, it must be used in computers which have a color monitor.

INTRODUCCION

La producción de arroz en Colombia durante las tres últimas décadas ocupó el segundo renglón, después del café. A finales de la década de los 60, el área y la producción de arroz en el país iniciaron una tendencia creciente que llegó a su máxima expresión en 1982, cuando se cultivaron 473.910 hectáreas y se alcanzó una producción superior a dos (2) millones de toneladas.

De acuerdo con los datos de la FAO, Colombia tiene los rendimientos de arroz más altos de América Latina con un promedio nacional cercano a las 4.8 toneladas/ha.

El arroz es el cultivo alimenticio más importante del mundo, Asia produce el 91%, A. latina 4%, Africa 2%, Resto del mundo 3%; y alimenta las dos terceras partes de su población. La producción en la Zona Andina se distribuye así: Colombia 50%, Perú 24%, Venezuela 12%, Ecua-

dor 10%, Bolivia 4%.

Los estudios adelantados por FEDEARROZ señalan unas prioridades de investigación y desarrollo del cultivo, ya que en 1985 Colombia produjo 1'741.000 toneladas que con un consumo de 69 g de arroz Paddy per cápita, apenas fue autosuficiente. Para el año 2000 la necesidad será de 2'657.000 toneladas de arroz Paddy, por lo que existiría un déficit de 915.000 toneladas. Una de las alternativas para cumplir con las necesidades del futuro es la expansión del área sembrada, ya que a partir de 1974 los rendimientos por hectárea alcanzaron un máximo de producción tecnológica, siendo una de las tareas más importantes del programa de arroz mantener estables los niveles de rendimientos alcanzados.

Las enfermedades del arroz se pueden clasificar en dos grupos: infecciosas causadas por hongos,

* Estudiante de Pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.
** Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. A.A. 237.

bacterias, virus, y nemátodos y desórdenes nutricionales.

El trabajo hace un aporte al conocimiento de las principales enfermedades que afectan el cultivo del arroz en Colombia, utilizando de manera didáctica el diseño de software para sistemas expertos agrícolas.

El objetivo general del trabajo fue ofrecer a investigadores, docentes, ingenieros, técnicos, estudiantes y en general a productores y agricultores un programa de computadores que les permita realizar la identificación de las enfermedades en el cultivo del arroz *Oryza sativa* L., así como también sugerir algunas formas de control, recomendaciones técnicas e información general relacionada con una enfermedad específica.

Los objetivos específicos fueron:

Diseñar un programa de computación para la identificación de enfermedades en el cultivo del arroz, que opere en computadores portátiles y personales, de tal manera que facilite al profesional del agro la toma de decisiones dentro de un proceso de asistencia técnica y contribuya al programa de adquisición del conocimiento en fitopatología de arroz.

Desarrollar un sistema abierto que pueda actualizarse en la medida que las circunstancias lo exijan (avances tecnológicos, nuevos medios de control, nuevos criterios de identificación).

Elaborar un paquete versátil que cuente con ayudas gráficas y cromáticas que faciliten el proceso de identificación de enfermedades en el cultivo del arroz.

MATERIALES Y METODOS

El desarrollo del Sistema Experto se llevó a cabo en las siguientes fases:

1. Recopilación, organización, clasificación y sistematización de la información existente

relativa a enfermedades en el cultivo del arroz en Colombia.

2. Evaluación y depuración de la matriz de clasificación de enfermedades.

Una vez realizada la etapa anterior, se procedió a evaluar los datos de la matriz de clasificación con la participación de un profesional experto en la materia (fitopatólogo), quien depuró la información respectiva para corroborar con su experiencia la consistencia de los datos extraídos de la revisión de literatura.

El especialista ajustó la descripción de los síntomas a un lenguaje técnico, permitiendo que la información llegue a los usuarios con la mayor precisión posible.

Análisis del sistema:

En esta etapa se definieron las entradas y salidas del sistema, se asignaron las variables respectivas realizando la identificación de los diferentes subsistemas y sus interrelaciones.

4. Diseño del sistema.

4.1. Definición de la estructura de la base de datos (D.B.A.).

Se identificaron los elementos componentes de la base de datos, las relaciones existentes entre sus elementos. Con base en el análisis de sistemas los autores elaboraron un diagrama de árbol, el cual permitió ilustrar la estructura y conexión entre los diferentes componentes.

4.2. Diseño del diagrama de flujo del motor de inferencia.

El diseño consistió básicamente en hacer la representación gráfica del algoritmo que explica el funcionamiento del motor de inferencia del sistema.

5. Fase de programación

El lenguaje utilizado para el diseño del programa fue el TURBO PROLOG versión 2.0 de la Borland International, Inc.

6. Implementación (alimentación de la base de datos).

Esta etapa consistió en la asignación de códigos alfanuméricos a cada una de las enfermedades, digitando su respectivo nombre, síntomas generales y específicos. Posteriormente fueron creados los archivos correspondientes a la etiología, epidemiología, control y gráficos.

Finalmente se creó el listado de reglas, las cuales secuencia lógica del diagrama de árbol, seleccionando el estado fenológico, el órgano afectado, los síntomas generales y específicos asociados en la enfermedad respectiva.

7. Validación

El algoritmo fue sometido a una evaluación de tipo lógica, es decir al análisis de su inferencia, verificando que la secuencia del programa sea válida en términos prácticos. De esta manera se llegó a una respuesta final que minimizó los errores.

RESULTADOS Y DISCUSION

FASES 1 Y 2: El resultado de la recopilación clasificación y evaluación de la información se observa en las figuras 1, 2, y 3. La estructura de la matriz muestra los síntomas generales y específicos característicos en cada una de las enfermedades codificados.

Esta matriz muestra la clasificación de los síntomas de acuerdo con el estado fenológico y el órgano afectado; criterios estos tenidos en cuenta para el diseño del programa.

FASE 3: Análisis del sistema

A continuación se ilustraron los códigos de cada una de las entradas, subsistemas y salidas del sistema.

1. Definición de las entradas del sistema

E1 = Síntomas generales y específicos

E2 = Código de la enfermedad, nombre de la enfermedad, Etiología, Epidemiología, Control y Gráfico.

E3 = Código de la regla, Nombre de la enfermedad, Estado fenológico, Órgano afectado, Síntomas generales y específicos.

E4 = Estado fenológico, Órgano afectado, Síntomas generales y específicos.

2. Identificación de los subsistemas.

U1 = Módulo manejador de síntomas

U1.1 = Submódulo manejador de adición de síntomas

U1.2 = Submódulo manejador de modificación de síntomas

U1.3 = Submódulo manejador de consulta de síntomas

U1.4 = Submódulo manejador de retiro de síntomas

U2 = Módulo manejador de enfermedades

U2.1 = Submódulo manejador de adición de enfermedades.

U2.2 = Submódulo manejador de modificación de enfermedades.

U2.3 = Submódulo manejador de consulta de enfermedades.

Est. Feno log.	ENFERMEDAD	Código síntoma por órgano afectado					
		RAIZ		TALLO		HOJA	
		SG	SE	SG	SE	SG	SE
V	Piricularia			40	30	90	10
	Helminthosporiosis					90	80
	Añublo de la Vaina					130	120
	Pudrición Vaina					---	140
	Pudrición Basetallo					---	160
	Escaldado					190	180
E	Pudrición tallo			40	210	---	200
	Mancha lineal					---	240
G	Mancha Ojival					90	250
	Bakanae	300 -		310	290	310	270
E	Manchado del grano						
T	Falso carbón						
	Hoja blanca					390	380
A	Def. Nitrógeno			780	--	590	460
	Def. Fósforo			510	--	500	490
T	Def. Potasio			510	--	530	520
	Def. Calcio			550	--	540	---
I	Def. Azufre			780	--	470	560
	Def. Magnesio			590	--	620	610
V	Def. Hierro					680	---
	Def. Zinc			510	--	590	710
O	Tox. de Aluminio	600 -		590	--	590	580
	Tox. de Boro					---	630
	Tox. Hierro	670 -		780	--	660	650
	Tox. Manganeso					---	690
	Alcalinidad			780	--	740	730
	Salinidad			780	--	390	750

FIGURA 1. Matriz de clasificación de enfermedades por órgano afectado en el estado fenológico vegetativo.

Est. Feno log.	ENFERMEDAD	Código síntoma por órgano afectado							
		RAIZ		TALLO		HOJA		PANICULA	
		SG	SE	SG	SE	SG	SE	SG	SE
R	Piricularia			40	30	90	10	70	50
	Helminthosporiosis					90	80		
	Añublo de la Vaina					130	120		
	Pudrición Vaina					---	140		
E	Pudrición Basetallo					---	160		
	Escaldado					190	180		
P	Pudrición tallo			40	210	---	200		
	Mancha lineal					---	240		
R	Mancha Ojival					90	250		
	Bakanae	300 -		310	290	310	270		
O	Manchado del grano							350	320 340
	Falso carbón							330	---
D	Hoja blanca					390	380	410	400
	Def. Nitrógeno			780	--	590	460	230	---
U	Def. Fósforo			510	--	500	490	230	---
	Def. Potasio			510	--	530	520	230	---
C	Def. Calcio			550	--	540	---		
	Def. Azufre			780	--	470	560	230	---
T	Def. Magnesio			590	--	620	610		
	Def. Hierro					680	---		
I	Def. Zinc			510	--	590	710	720	---
	Tox. de Aluminio	600 -		590	--	590	580		
V	Tox. de Boro					---	630		
	Tox. Hierro	670 -		780	--	660	650		
O	Tox. Manganeso					---	690	230	---
	Alcalinidad			780	--	740	730		
	Salinidad			780	--	390	750	760	---

FIGURA 2. Matriz de clasificación de enfermedades por órgano afectado en el estado fenológico reproductivo.

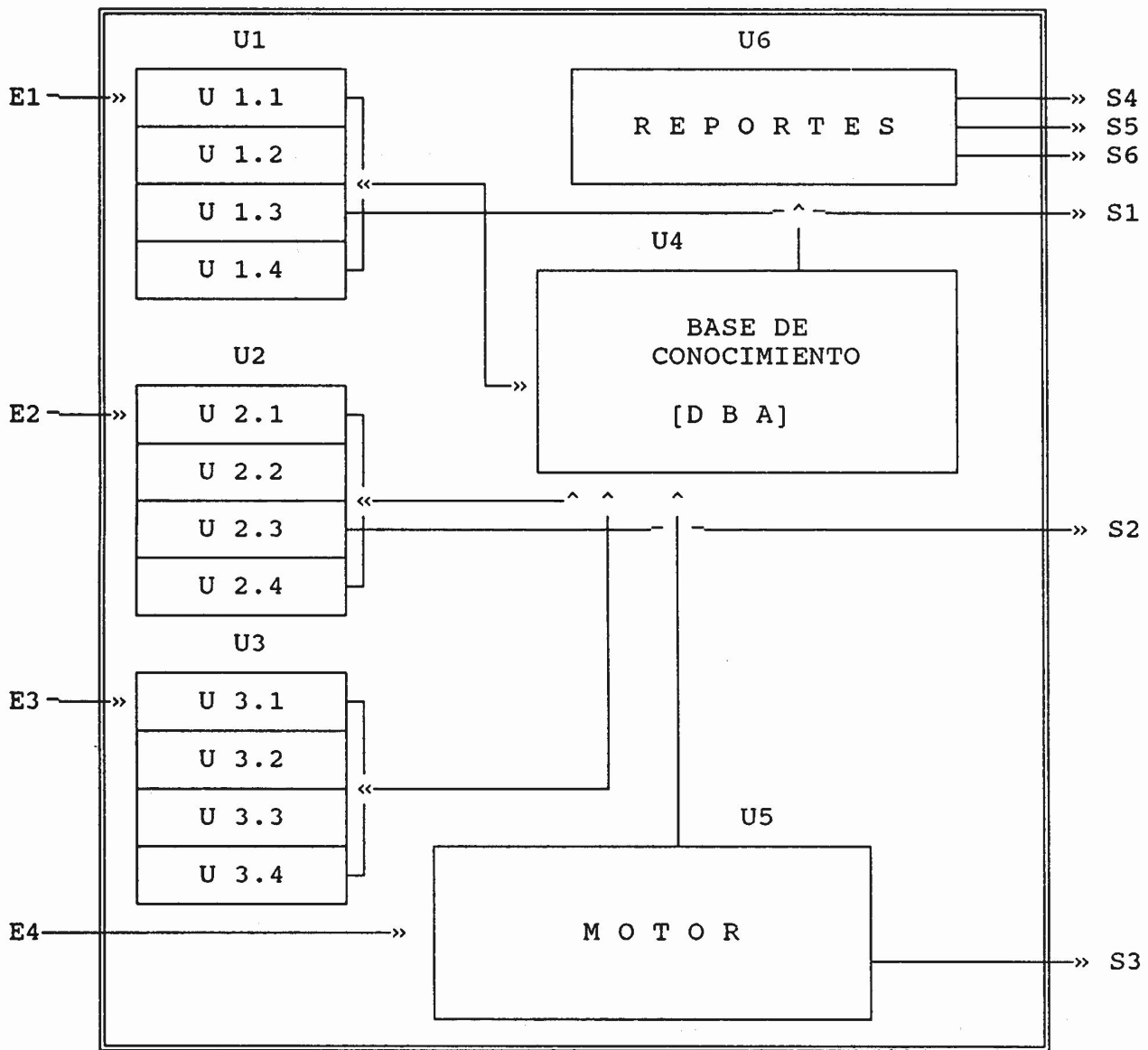


FIGURA 3. Diagrama general de SEDEA

U2.4 = Submódulo manejador de retiro de enfermedades.

U3 = Módulo manejador de reglas

U3.1 = Submódulo manejador de adición de reglas.

U3.2 = Submódulo manejador de retiro de reglas.

U3.3 = Submódulo manejador de ordenamiento de la (DBA).

U3.4 = Submódulo manejador de borrado de la (DBA).

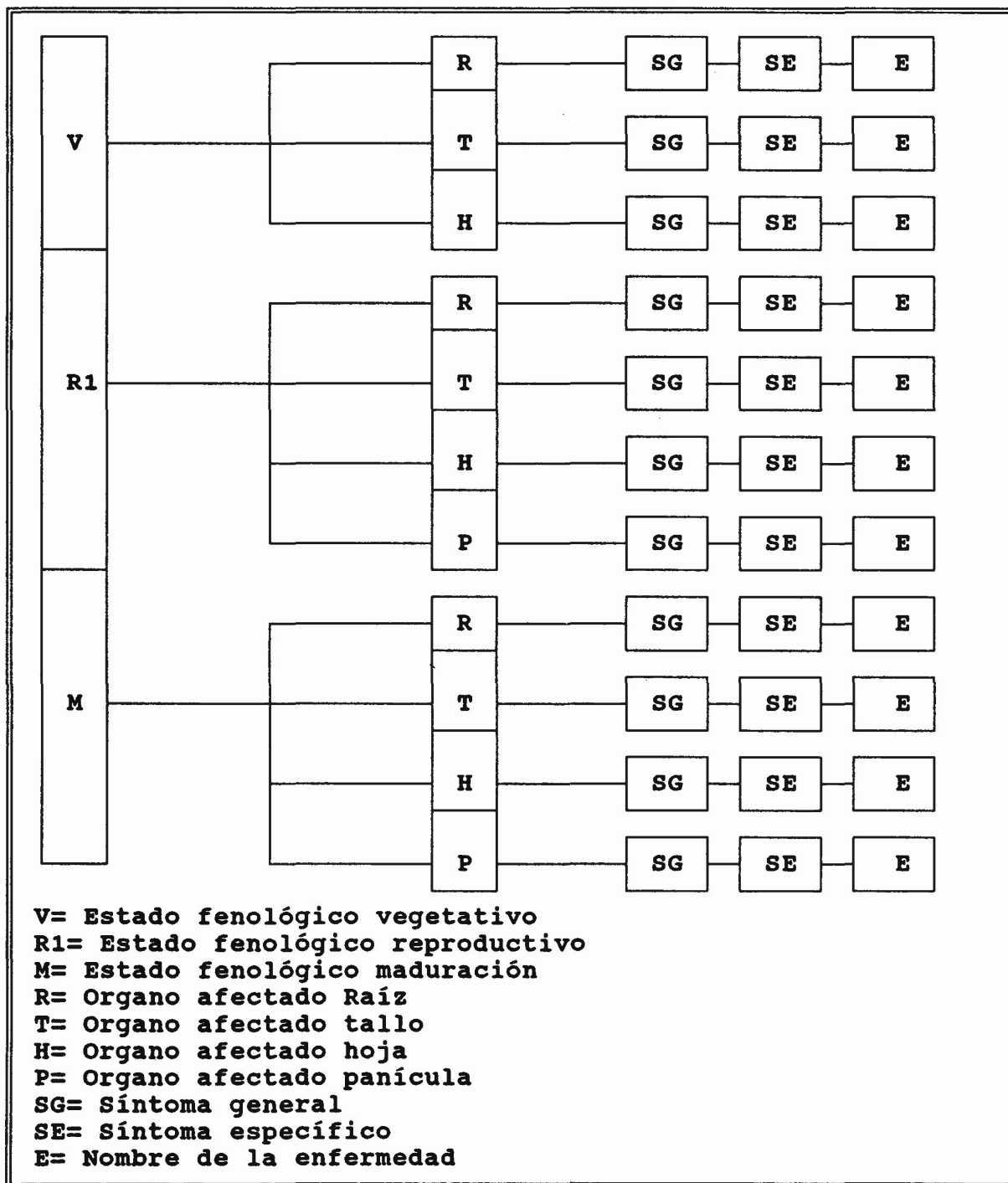


FIGURA 4. Diagrama de árbol del motor de inferencia

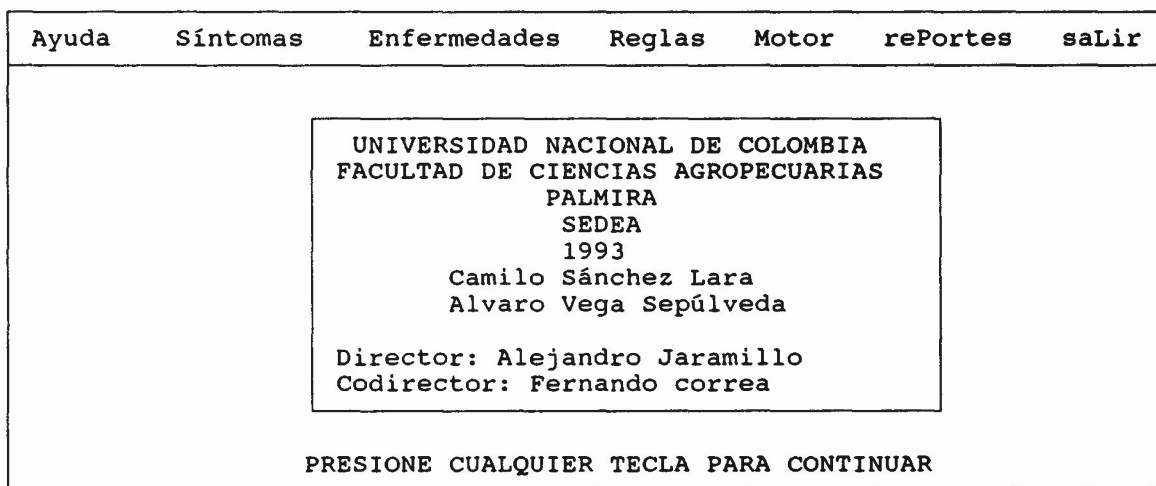


FIGURA 5. Menú principal del programa SedeA

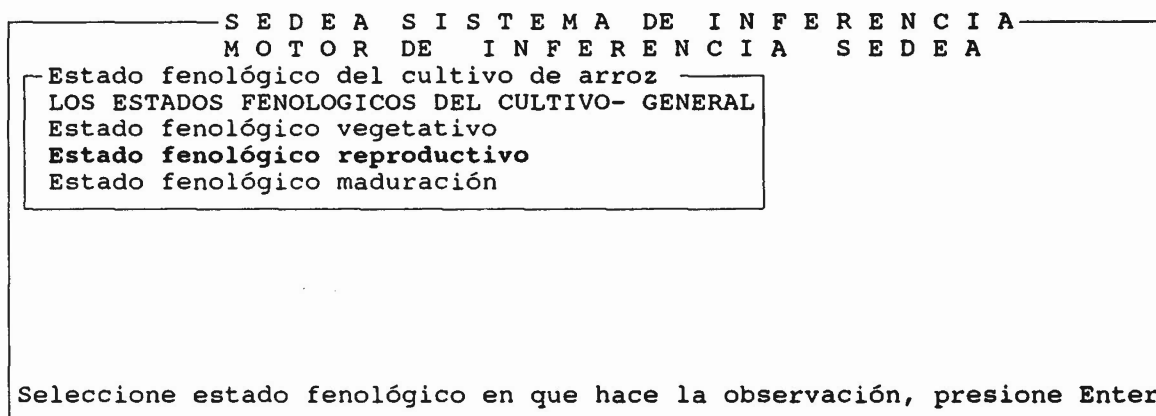


FIGURA 6. Pantallazo de selección del estado fenológico del cultivo.

SEDEA SISTEMA DE INFERENCIA
MOTOR DE INFERENCIA SEDEA

Estado fenológico del cultivo de arroz LOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL CULTIVO- GENERAL Estado fenológico vegetativo Estado fenológico reproductivo Estado fenológico maduración	Organo Afectado RAIZ TALLO HOJAS (LAMINA/VAINA) PANICULA
--	--

SELECCIONE EL ORGANO AFECTADO DE ACUERDO AL ESTADO REPRODUCTIVO

FIGURA 7. Pantallazo de selección del órgano afectado.

SEDEA SISTEMA DE INFERENCIA
MOTOR DE INFERENCIA SEDEA

Estado fenológico del cultivo de arroz LOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL CULTIVO- GENERAL Estado fenológico vegetativo Estado fenológico reproductivo Estado fenológico maduración	Organo Afectado RAIZ TALLO HOJAS (LAMINA/VAINA) PANICULA
--	--

Selección de síntoma (1) General

*ASPECTO QUEMADO (S.G.) *ENANISMO Y CLOROSIS (S.G.)
--

SELECCIONE UN SINTOMA GENERAL, TERMINE CON F10

FIGURA 8. Pantallazo de selección de síntoma general.

El programa permite visualizar a través de una fotografía leída por scanner, las características correspondientes a una enfermedad específica que se presente en determinado órgano de la planta de arroz.

S E D E A S I S T E M A D E I N F E R E N C I A
M O T O R D E I N F E R E N C I A S E D E A

Estado fenológico del cultivo de arroz LOS ESTADOS FENOLOGICOS DEL CULTIVO- GENERAL Estado fenológico vegetativo Estado fenológico reproductivo Estado fenológico maduración	Organó Afectado RAIZ TALLO HOJAS (LAMINA/VAINA) PANICULA
--	--

Selección de síntoma (1) General

*ASPECTO QUEMADO (S.G.) *ENANISMO Y CLOROSIS (S.G.)
--

Síntoma específico observado en el cultivo

*EN LA HOJA MANCHAS CIRCULARES CON CENTRO GRIS BORDE CAFE O MANCHAS EN FORMA DE ROMBO ALARGADAS EN LOS EXTREMOS CON CENTRO GRIS, BORDES CAFE OSCURO Y HALO AMARILLENTO ALREDEDOR, PUEDE UNIRSE FORMANDO UNA ESPECIE DE QUEMADO. (S.E.)
--

EL SINTOMA SE PRESENTA EL SINTOMA NO SE PRESENTA PORQUE REALIZA LA PREGUNTA

SELECCIONE OPCION DE ACUERDO CON LA PRESENCIA O NO DEL SINTOMA

FIGURA 9. Pantallazo del proceso de inferencia

Ayuda	Síntomas	Enfermedades	Reglas	Motor	rePortes	saLir
		Adición enfermedades Modifica enfermedades Consulta enfermedades Retira enfermedades				
CODIGO DE LA ENFERMEDAD DEL ARROZ:						
Selección de la enfermedad a consultar						
PIRICULARIA ANUBLO DE LA VAINA MANCHA LINEAL						
SELECCIONE CON FLECHAS, PRESIONE ENTER, TERMINE CON F10						

FIGURA 10. Pantallazo de consulta de enfermedades

- U4 = Módulo base de datos (DBA).
- U5 = Módulo motor de inferencia.
- U6 = Módulo de reportes de la (DBA).

3. Definición de salidas

- S1 = Síntomas generales y específicos
- S2 = Nombre de la enfermedad, Etiología, Epidemiología, Control y Gráfico.
- S3 = Nombre de la enfermedad Síntomas generales Específicos y Gráfico.
- S4 = Nombre y Reporte de la enfermedad
- S5 = Reporte de reglas de inferencia
- S6 = Reporte de Síntomas generales y Específicos.

La Figura 3 recopila los elementos estructurales a tener en cuenta en el análisis del sistema experto.

FASE 4: Diseño del sistema.

Estructura de la base de datos

1. Técnicamente los datos (base de conocimientos) que conforman la pericia del sistema, deben almacenarse de tal forma que establezca una relación inteligente entre las diferentes partes componentes de la información.
2. Explicación del diagrama de flujo del motor de inferencia.

La Figura 4 ilustra el flujograma que explica el funcionamiento del motor de inferencia.

EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

El programa se puede ejecutar en forma interac-

tiva por el usuario a través del encadenamiento de Menús.

Las opciones a seleccionar corresponden a síntomas, enfermedades y reglas. Los diferentes menús de acceso se muestran en las Figuras 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

BIBLIOGRAFIA

- ARISTIZABAL, C. Inteligencia artificial. Uno y Cero. No.5: 1985. p.36-38.
- ESCANDON, M. L. y MOSQUERA, D. Enfermedades del arroz (*Oryza sativa* L.) en el Valle del Cauca. Tesis Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, 1976. 168 p.
- HERNANDEZ, G, R. Sistemas expertos : Reflexiones acerca de su aplicabilidad (Parte I) En: Computerworld Colombia - Al servicio de la comunidad informática. No. 47 (sep./1991) p. 20-21.
- HUERTAS, D, C.A. Patógenos asociados con semilla de arroz. En: ASCOLFI-UN, Problemas patológicos asociados con semillas. Palmira, (mar. 21-22. 1990) p. 2-7.
- LARA, A. Inteligencia artificial. Uno y Cero. No. 22: (1987); p. 48-49.
- PINILLA, E. Sistemas expertos, mito y realidad. Uno y Cero. No.20: p. 4-6. 1987.
- PINEDA, A. y JENNINGS, P.R. La Sogata *Sogatodes oryzicola* y el virus de la hoja blanca en Arroz. En: CIAT Arroz: 1985; p. 669.
- VILLARRAGA, A. y ANDRADE, U. E. Principales enfermedades en el cultivo del arroz, sintomatología, epidemiología y control. En: Arroz. Vol. 31 No. 321 (1982); p. 8.