

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE POSGRADO

DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE  
PLAGAS INSECTILES: UNA APLICACIÓN A MAÍZ (*Zea mays*) EN  
AMÉRICA CENTRAL

Tesis sometida a la consideración del comité Técnico Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

***MAGISTER SCIENTIAE***

por

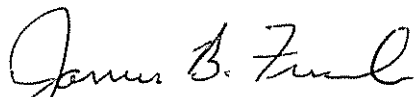
Francisco Leopoldo Merino-Cisneros

CATIE  
Turrialba, Costa Rica  
1989

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:


**MAGISTER SCIENTIAE**

COMITE ASESOR:



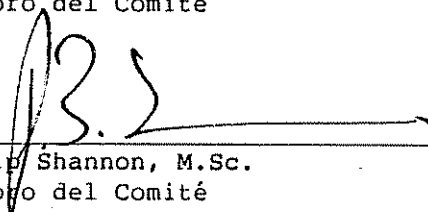
---

James B. French, Ph.D.  
Profesor Consejero



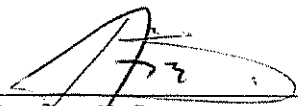
---

Joseph L. Saunders, Ph.D.  
Miembro del Comité



---

Philip Shannon, M.Sc.  
Miembro del Comité



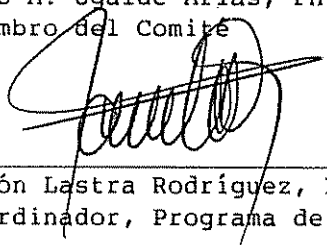
---

José Arze Borda, M.Sc.  
Miembro del Comité



---

Luis A. Ugalde Ariás, Ph.D.  
Miembro del Comité

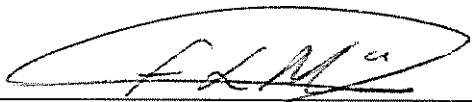


---

Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.  
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

---

Dr. José Luis Parisí  
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



---

Francisco Leopoldo Meriño Cisneros  
Candidato

## DEDICATORIA

A mi esposa María Antonieta y a mis hijos Roberto, Franco, Francisco y Diafania por el eterno amor y cariño.

A mis padres Consuelo y Francisco, a mis hermanos Consuelo, René, Gladis, Mercedes y Juan Carlos, así como a todos mis parientes, por su apoyo y comprensión.

A mis suegros Alicia y Julio, con gran aprecio.

A mi pueblo Salvadoreño y a mi gran patria Centro América.

## AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Tecnología Agrícola (CENTA), Centro de Desarrollo Ganadero, Ministerio de Agricultura y Ganadería, y a la República de El Salvador, por darme la oportunidad de superarme.

Al Programa USAID/ROCAP por el financiamiento de este estudio.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Programa de Posgrado y Mejoramiento de Cultivos Tropicales/Proyecto Manejo Integrado de Plagas, por el apoyo en equipo y materiales necesarios para este trabajo.

A James French Ph. D. , por ser un gran amigo y un excelente consejero. A su familia, por su apoyo y amistad.

A los miembros del comité asesor, Joseph Saunders Ph. D. y Phillip Shannon M. Sc. por el aporte de su conocimiento en este proyecto, a José Arze B. M.Sc. y Luis Ugalde Ph. D. por su gran apoyo en la parte de sistemas y programación.

A Daniel Coto Ing. por su aporte de conocimiento entomológico al sistema y a David Elizondo B.S. por su inapreciable ayuda en programación.

A los miembros del proyecto MIP y de la institución: Rutilio, Mário, Gilda, Ramiro, Pedro, Pedro, Helga, Gustavo, José, Arturo, Walter, Isabel, Laura, etc.

A Elkin Bustamante por su amistad, tiempo y "Presión".

A mis compañeros de estudio: Ronald y Cristina, Alvaro, Russo, Carl, Vera, Mercadito.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

## BIOGRAFIA

El autor nació en la Ciudad de Armenia, Departamento de Sonsonate , República de El Salvador, el 28 de Enero de 1959.

Inició sus estudios primarios en la Escuela Urbana Mixta Lizandro Arévalo del Pueblo Mercedez Umaña, Dpto. de Usulután, en el año de 1966, concluyéndolos en 1974.

Desde 1975 a 1977, realizó sus estudios secundarios en el Instituto Nacional Gral. Francisco Menéndez (INFRAMEN), de San Salvador, Dpto. de San Salvador, obteniendo el título de Bachiller en Salud en la especialidad de Saneamiento Ambiental.

Desde 1978 a 1979 hizo su estudio técnico superior no universitario en el Instituto Tecnológico Centroamericano (ITCA), de Santa Tecla, Dpto. de La Libertad, obteniendo el título de Técnico en Ingeniería Agrícola en la especialidad de Maquinaria Agrícola.

Desde 1980 a 1986, realizó sus estudios universitarios en la Universidad Politécnica de El Salvador (UPES), obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo Generalista, con las orientaciones de Entomología, Fitopatología y Economía Agrícola.

En 1980 ingresa al Centro Nacional de Tecnología Agrícola (CENTA), como auxiliar técnico hasta 1982, desde 1983 a 1984 es instructor de la UPES, en 1985 realiza el trabajo de Inspector de Leches en el Centro de Desarrollo Ganadero (CDG), de 1986 a Septiembre de 1987 se desempeña como Técnico Investigador del CENTA, en el área de control integrado de plagas.

En Septiembre de 1987, ingresó al Programa de Estudios de Posgrado del CATIE, egresando en Septiembre de 1989 con el Grado de Magister Scientiae en Manejo Integrado de Plagas.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
LISTA DE CUADROS .....	xiii
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	5
2.1 Plagas Insectiles en la Producción de Maiz .....	5
2.2 Problemas en el Manejo de Plagas .....	5
2.3 Plagas Insectiles y su Identificación .....	6
2.4 Manejo de las Plagas Insectiles de Maiz .....	7
2.5 Toma de Decisión para el Manejo de Plagas Insectiles .....	8
2.6 Sistemas Expertos .....	9
2.7 Componentes de un Sistema Experto .....	11
2.7.1 Base de Conocimientos .....	11
2.7.2 Mecanismo de Inferencia .....	12
2.7.3 Componente Explicativo .....	13
2.7.4 Interfase de Usuario .....	13
2.7.5 Componente de Adquisición .....	14
2.8 Representación del Conocimiento .....	14
2.8.1 Reglas de Producción .....	14
2.8.2 Redes Semánticas .....	16
2.8.3 Marcos .....	16
2.8.4 Cálculo de Predicados .....	17
2.9 Estrategias de Inferencia .....	18
2.9.1 Encadenamiento Hacia Adelante. ....	18
2.9.2 Encadenamiento Hacia Atrás .....	18
2.10 Consulta .....	19
2.10.1 Usuarios .....	19
2.10.2 Tipos de Consultas .....	19
2.10.3 Motivos de una Consulta .....	20
2.11 Adquisición de Conocimiento .....	21
2.12 Herramientas para la Construcción de Sistemas Expertos .....	22

2.12.1	Lenguajes .....	22
2.12.2	Sistema Experto "Shell" .....	23
2.13	Etapas en la Construcción de un Sistema Experto ....	24
3.	METODOLOGIA GENERAL .....	26
4.	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN SISTEMA EXPERTO	
	SHELL PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS	
	DE DIAGNOSTICO DE PLAGAS INSECTILES. ....	30
4.1	INTRODUCCION .....	30
4.2	MATERIALES Y METODOS .....	32
4.2.1	Identificación y selección de expertos .....	32
4.2.2	Estructura del modelo conceptual .....	33
4.2.2.1	Modelo técnico .....	33
4.2.2.1.1	Formas de hacer el diagnóstico .....	34
4.2.2.1.2	Información necesaria para hacer el diagnóstico .....	35
4.2.2.1.3	Estructura lógica del modelo .....	37
4.2.2.2	Modelo operativo .....	37
4.2.3	Programación del modelo .....	39
4.2.4	Componentes del Programa .....	42
4.2.4.1	Módulos de inferencia .....	42
4.2.4.2	Base de conocimiento .....	44
4.2.4.2.1	Base de códigos y hechos .....	44
4.2.4.2.2	Base de hechos .....	45
4.2.4.3	Interfase con el usuario .....	47
4.2.4.3.1	Entrada de información .....	47
Fig. 4.3.	Pantalla del Menú principal de entrada de información del sistema experto. ..	48
4.2.4.3.2	Salida de información .....	49
Fig. 4.4.	Pantalla de salida del sistema experto. ....	49
4.2.4.4	Componentes del Programa .....	42
4.2.4.4.1	Módulos de inferencia .....	42
4.2.4.4.2	Base de conocimiento .....	44
4.2.4.4.2.1	Base de códigos y hechos .....	44
4.2.4.4.2.2	Base de hechos .....	45
4.2.4.4.3	Interfase con el usuario .....	47
4.2.4.4.3.1	Entrada de información .....	47
Fig. 4.3.	Pantalla del Menú principal de entrada de información del sistema experto. ..	48
4.2.4.4.3.2	Salida de información .....	49
Fig. 4.4.	Pantalla de salida del sistema experto. ....	49
4.3	RESULTADOS Y DISCUSION .....	49
4.4	CONCLUSIONES .....	51
5.	DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA DIAGNOSTICO. ....	52
5.1	INTRODUCCION .....	52
5.2	MATERIALES Y METODOS .....	53
5.2.1	Descripción del programa usado .....	53
5.2.2	Identificación y selección de expertos .....	54

5.2.3	Selección de las plagas insectíles de maíz	54
5.2.4	Factibilidad	54
5.2.5	Diseño conceptual	54
5.2.6	Adquisición de conocimiento	55
5.2.6.1	Condensación de la Información	56
5.2.6.2	Codificación de la información	56
5.2.7	Representación del conocimiento	57
5.2.8	Verificación del sistema	57
5.2.9	Evaluación del sistema	57
5.3	RESULTADOS	58
5.3.1	Insectos plagas de maíz y sus características.	58
5.3.2	Estados fenológicos que se usaron en maíz.	58
5.3.3	Organos de la planta dañados por los insectos plagas.	59
5.3.4	Ordenes de insectos y ácaros plagas de maíz.	59
5.3.5	Familias de insectos y ácaros plagas de maíz.	59
5.3.6	Formas generales de los insectos plagas de maíz.	60
5.3.7	Descripciones de forma específica de los insectos plagas de maíz.	60
5.3.8	Descripciones del daño general que hacen los insectos plagas en maíz.	64
5.3.9	Descripciones del daño específico que hacen los insectos plagas en maíz.	65
5.4	DISCUSION	68
5.5	CONCLUSIONES	69
6.	COMPARACION DEL SISTEMA EXPERTO VERSUS SISTEMA MANUAL.	70
6.1	INTRODUCCION	70
6.2	MATERIALES Y METODOS	71
6.2.1	Variables y diseño estadístico	71
6.2.2	Proceso de tomà de datos	72
6.3	RESULTADOS	73
6.4	DISCUSION	74
6.5	CONCLUSIONES	77



7. ESTUDIO DE LA FACILIDAD DE USO DEL SHELL DE DIAGNOSTICO DE PLAGAS INSECTILES EN DIFERENTES NIVELES ACADEMICOS .....	78
7.1 INTRODUCCION .....	78
7.2 MATERIALES Y METODOS .....	79
7.2.1 Variables y diseño estadístico .....	79
7.2.2 Proceso de toma de datos .....	80
7.3 RESULTADOS .....	81
7.4 DISCUSION .....	82
7.5 CONCLUSIONES .....	83
8. DISCUSION Y RECOMENDACIONES GENERALES .....	84
8.1 DISCUSION GENERAL .....	84
8.2 RECOMENDACIONES GENERALES .....	86
9. LITERATURA CITADA .....	88
10. ANEXOS .....	96
10.1 Código del programa principal escrito en lenguaje VP-EXPERT. ....	97
10.2 Arbol de decisiones para insecto y daño .....	106
10.3 Arbol de decisiones para insecto .....	108
10.4 Arbol de decisiones para daño .....	110
10.5 Arbol de decisiones para órgano dañado .....	112
10.6 Arbol de decisiones para cuando se supone el insecto .....	114
10.7 Arbol de decisiones para taxonomia .....	116
10.8 Conocimientos sobre los insectos plagas de maíz .....	118
10.9 Listado del archivo de la base de datos Diag.dbf .....	129
10.10 Información del archivo de la base de datos en DBASE IV .....	131
10.11 Datos de facilidad del Shell. ....	132
10.12 Secuencia de casos hipotéticos que el usuario realizó para medir la facilidad de uso del shell. ....	133

10.13 Datos tomados en el ensayo "Comparación del Sistema Experto versus Sistema Manual .....	137
10.14 Preguntas que se realizaron en cada caso de diagnóstico por repetición para el sistema experto y el libro guía .....	138

MERINO-CISNEROS., F.L. 1990, Desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles: una aplicación a maíz (*Zea mays*) en América Central. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE, 173 p.

Palabras claves: Maíz, Plagas, Insectos, Diagnóstico, Shell, Sistema Experto, América Central.

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue desarrollar un sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central. Se realizó también una prueba de la variable facilidad de su uso, así como una comparación de la capacidad de diagnóstico, entre este sistema experto y una guía de plagas insectiles, frecuentemente usada para tal propósito en América Central.

Como resultado se construyó un Sistema Experto y un Shell para el diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central, con el propósito de poner a disposición de otros usuarios el conocimiento técnico para el diagnóstico de insectos plagas y de esta manera, facilitar el manejo integrado de plagas en este cultivo. El trabajo se basó en el conocimiento adquirido por expertos del Centro Agronómico Trópico de Investigación y Enseñanza (CATIE) Costa Rica. El sistema experto diagnostica 52 insectos plagas de maíz, por medio de seis módulos de inferencia. Se usan como criterios: la fenología de la planta, el órgano afectado de la planta, la forma general y la forma específica del insecto, el daño general y específico, el orden y la familia del insecto. Además, da información adicional del insecto sobre sinonimias, nombre común, ciclo de vida, daño, situación de la plaga y su control. Se emplea el sistema operativo MS-DOS compatible con IBM y con el "shell" VP-EXPERT, una capacidad de memoria principal de 512 Kb y con dos manejadores de disquetes de 360 kb, o con uno de 720 o con disco duro.

MERINO-CISNEROS., F.L. 1990, Expert System for Diagnosis of Insect Pests of Corn Crops (*Zea mays*) in Central America. Thesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 173 p.

Key words: Corn, Pests, Insects, Diagnosis, Shell, Expert System, Central America.

#### ABSTRACT

An expert system and a shell to diagnose insect pests of maize in Central America was developed to facilitate integrated pest management in this crop. The work was based on knowledge acquired from experts at the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) in Costa Rica. The expert system can identify 52 insect pests of maize through six inference models. Criteria used were: plant phenology, plant part damaged, general form of the insect, specific damage, insect order and insect family. Additional information is presented on synonyms, common names, life cycle, damage, pest status, and his control. The system works in the MS-DOS operative system compatible with IBM and with the VP-EXPERT shell, principal memory of 512 Kb and with two disk drive 360 Kb diskettes, or a hard disk or with 720 Kb diskettes.

## LISTA DE CUADROS

4.1 Descripción de campos con los que trabaja el sistema experto "shell". . . . .	46
4.2 Descripción de los archivos ASCII con los que trabaja el sistema experto "shell". . . . .	47
5.1 Principales plagas insectiles de maíz en América Central . . . . .	55
6.1 Probabilidades y significancias de las variables analizadas en la comparación de los métodos de diagnóstico. . . . .	74
6.2 Comparación de medias del sistema experto y libro guía con la prueba de Tukey al 5%, para diferentes variables . . . . .	74
7.1 Probabilidades y significancias de las variables evaluadas, como resultado del análisis de varianza en el estudio de facilidad de uso. . . . .	81
7.2 Comparación de medias de facilidad, con una prueba de Tukey al 5 % de probabilidades de error. . . . .	82

## LISTA DE FIGURAS

4.1 Estructura lógica del modelo conceptual. . . . .	38
4.2 Modelo operativo del sistema experto "shell". . . . .	40
4.3 Pantalla del menú principal de entrada de información del sistema experto. . . . .	48
4.4 Pantalla de salida del sistema experto. . . . .	49

6.1 Comparación entre dos métodos de diagnóstico en relación con las variables: aciertos, tiempo de respuesta, aciertos por minuto y coeficiente de variación . ....75

## 1. INTRODUCCION

Las decisiones que el agricultor toma con respecto al agroecosistema maíz y específicamente, relacionado con el subsistema plagas insectiles, están influenciadas por varios factores. Entre ellos se encuentran las percepciones del agricultor sobre las plagas y sus daños, su nivel de conocimiento de los hechos y sus valores personales.

La percepción del agricultor sobre la importancia de una plaga y el daño relacionado con ésta, afecta las decisiones sobre el método y el nivel de control de esa plaga en particular. Sin embargo, no todas las plagas ni sus daños son correctamente percibidos por los agricultores, para quienes es a veces difícil hacer una asociación correcta entre el daño observado en el cultivo y la plaga que lo está causando. Esto puede conducir ocasionalmente, a la conclusión errada de que un daño es causado por un insecto benéfico observado con frecuencia. Estos errores a menudo conducen a decisiones incorrectas sobre métodos de control resultando a veces en daño y costos mayores (Andrews y Quezada 1989) .

Otro factor que influye en la toma de decisiones del agricultor, sobre el manejo de las plagas, es la acción de las casas comerciales. Por medio de propaganda y visitas a los agricultores, las casas comerciales tratan de influir la decisión al uso de productos que ellos venden. También, las instituciones de crédito a menudo requieren el uso profiláctico de pesticidas como una manera de asegurar la inversión contra las pérdidas en la producción causadas por plagas.

La visita constante de los extensionistas, llevando técnicas y consejos al agricultor, le ayuda en la toma de decisiones sobre el manejo de las plagas. Sin embargo, el

extensionista generalmente lleva como primera herramienta los plaguicidas, que no siempre son la opción más adecuada. Una razón para esto es que generalmente el extensionista entra tarde como actor en la planificación de la finca, después iniciado el problema. También los plaguicidas son la herramienta que mejor conoce y confía el extensionista de la región Centroamericana.

La información y el conocimiento que el agricultor utiliza para tomar decisiones, está influenciado por todas las personas relacionadas con él, por el problema de plagas y por toda la propaganda a que él está sometido.

Mayor información y conocimiento sobre las plagas, sería la base fundamental para ayudar al agricultor y a los extensionistas a tener una visión más amplia de opciones eficientes sobre métodos de control. Esta información permitiría al agricultor tomar decisiones de manejo de plagas insectiles, desde los puntos de vista del diagnóstico, manejo, y decisión económica (Andrews y Quezada 1989; Croft 1985).

La obtención de la información necesaria para resolver un problema, en un momento oportuno, es difícil. La información práctica se encuentra principalmente en dos fuentes: la primera en el conocimiento público, que es el que aparece en los libros, publicaciones especializadas, revistas, etc., la segunda en el conocimiento de toda persona que trabaja en un campo concreto. La dificultad en la obtención de esta segunda fuente de información es no estar disponible en el momento oportuno y necesario. A veces los agricultores y extensionistas necesitan mucho más tiempo de lo disponible para diagnosticar el problema y encontrar la solución por estas formas.

El conocimiento privado es el resultado de la larga experiencia que tiene el experto en ese campo. El experto



ha sacado sus propias conclusiones y las generaliza y aplica según su criterio. Este tipo de conocimiento sólo se puede alcanzar tras largos años de práctica. La accesibilidad a esta información, de esta manera, también es difícil, ya que el agricultor tiene acceso limitado al extensionista y este último no tiene acceso a los expertos cuando es necesario. Por lo tanto, a menudo se recomienda el uso de químicos, por la fácil disponibilidad del producto y del consejo, aunque muchas veces es incorrecto.

Sin lugar a duda, el disponer de la información adecuada, que provenga del conocimiento público o privado, ayudaría a optimizar la producción de maíz, bajar los costos de producción y facilitar la toma de decisiones en el momento oportuno. Por lo tanto, deberían existir maneras de poner el conocimiento de manejo integrado de plagas a disposición de los responsables de la divulgación de información, tales como extensionistas, comunicadores e investigadores. De esta manera, mejoraría la información que recibe el agricultor y la toma de decisiones que él hace.

En los años recientes, las microcomputadoras se han convertido en una herramienta que facilita el desarrollo de sistemas para ayudar a tomar decisiones. Los programas de computación son la base para el desarrollo de este tipo de sistemas integrados de manejo de información. Los sistemas expertos son una forma de manejar integradamente la información, para ayudar a tomar decisiones sobre problemas planteados en campos específicos (Chadwick y Hannah 1987; Harmon y King 1985).

Estos sistemas expertos son una alternativa potencial, debido a la necesidad de obtener y hacer más accesible los criterios de los expertos y la información sobre el manejo integrado de plagas, por ser escasos actualmente en América Central. Los sistemas expertos son una herramienta que podrá ser utilizada cuando se necesite la opinión de un experto o

información sobre un problema específico. Al mismo tiempo, la información requerida estará disponible en el momento que se solicite y bajo un criterio altamente especializado, sin la presencia física del experto o el material bibliográfico.

El objetivo de este estudio fue el desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central. Se desarrolló un sistema experto tipo "shell" que da las bases para hacer sistemas expertos de diagnóstico de plagas insectiles en diferentes cultivos. En el trabajo también se hizo una prueba de la facilidad de uso del shell, así como una comparación de la capacidad de diagnóstico, entre el sistema experto de plagas insectiles de maíz y un manual (King y Saunders 1984), frecuentemente usado para tal propósito en América Central.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Plagas Insectiles en la Producción de Maíz

Las plagas afectan la producción de los cultivos alimenticios en América Central y los agricultores se ven afectados por la reducción en el rendimiento (King y Saunders 1984). En América Central y Panamá las plagas causan pérdidas entre 25 y 40 % del potencial total de la producción, las pérdidas por daño de plagas se calculan en 650 a 800 millones de dólares (Saunders 1987).

En los Estados Unidos se pierden el 37% de la producción potencial de los cultivos debido a plagas (Horn, 1988).

Para evitar las pérdidas en los cultivos por plagas, se toman medidas de control que aumentan los costos de producción. En Costa Rica, los costos asociados con el control de plagas de maíz representan el 23% del total (Hilje, et al, 1987).

Para minimizar las pérdidas y hacer el menor daño posible al ambiente, las plagas deben ser correctamente diagnosticadas, reconocer alternativas de manejo y tomar decisiones de acción apropiadas (King y Saunders 1984).

### 2.2 Problemas en el Manejo de Plagas

La región Centroamericana y Panamá presenta situaciones que dificultan la solución del problema de plagas. La principales son: a) escasez de personal capacitado en las disciplinas del manejo integrado de plagas (MIP); 2) carencia de grupos multidisciplinarios e interdisciplinarios

que puedan desarrollar programas de MIP; 3) deficiente información y conocimiento fitosanitario básico sobre MIP; limitado acceso a la información y poca experiencia en el diagnóstico de plagas (Saunders 1987).

### 2.3 Plagas Insectiles y su Identificación

Como plaga se entiende cualquier animal, planta o microorganismo que compita con el hombre por los alimentos que él produce (King y Saunders 1984; Horn 1988).

Los artrópodos y los hongos representan las especialidades de diagnóstico más frecuente en el área Centroamericana y Panamá, alcanzando un 67% (Bustamante 1987).

Las plagas insectiles pueden ser divididas en: constantes; de invasión; de bajo nivel, intermitentes o auxiliares y de vectores (King y Saunders 1984). Las plagas insectiles están compuestas por insectos que dañan a las plantas. En Nicaragua se identificaron 15 insectos plagas de importancia en maíz (MAG/FAO/PNUD 1976). No obstante, King y Saunders (1984), reportan 48 plagas insectiles del maíz en la región Centroamericana.

En América Latina, los servicios de diagnóstico son hechos por trabajadores de entidades responsables de la sanidad vegetal, investigación, enseñanza, extensión y asistencia técnica (Bustamante 1987).

La experiencia de las instituciones sobre el diagnóstico es acumulada, pero se le da poca importancia a su difusión, lo que retrasa la transferencia de conocimientos y disminuye el avance técnico en el manejo de plagas (Bustamante 1987).

El diagnóstico vegetal es un arte y una ciencia. Como arte es el acto de identificar un proceso que afecta a las plantas y a sus productos, a partir de signos y síntomas de los agentes causales y sus hospederos. Como ciencia, el diagnóstico permite identificar y conocer el agente causal, sus características y su comportamiento, como una etapa previa a la aplicación de las medidas de control (Montoya 1987).

Los requisitos que debe reunir un técnico para efectuar el diagnóstico vegetal, son la experiencia, su conocimiento y su buen juicio (Montoya 1987).

El diagnóstico tiene como base el conocimiento científico, debido a la naturaleza variable de las plagas y a su comportamiento en condiciones ecológicas diferentes.

El diagnóstico reúne también aquellas características y cualidades del método científico que son la objetividad, la racionalidad, la sistematicidad y la generalidad (Montoya 1987).

## **2.4 Manejo de las Plagas Insectiles de Maíz**

Para hacerle frente a estas plagas, el agricultor tiene que identificarlas y tomar decisiones con respecto a las opciones de manejo (Horn 1988).

La selección del control químico no siempre soluciona los problemas a largo plazo, a pesar de que al principio de su uso se obtienen buenos resultados, más tarde se pueden producir perturbaciones en el agroecosistema. Esto resulta por un mayor uso del control químico, aumentando los costos de producción del cultivo hasta que ya no es rentable (MAG/FAO/PNUD 1976; Cisneros 1980).

El manejo integrado de plagas es el uso racional e inteligente de todos los recursos disponibles, basados en la biología y ecología de la plaga, con el propósito de bajar la densidad de ésta más allá del umbral económico, donde el daño hecho no justifique el costo de un esfuerzo de más acción (King y Saunders 1984; MAG/FAO/PNUD 1976).

Otras tácticas de control de plagas incluyen el Biológico, el Cultural, el Físico, el Microbial, el Fitogenético y el Químico. El control Biológico aprovecha los enemigos naturales de la plaga; el control Cultural utiliza prácticas agronómicas para suprimir a la plaga; el control Físico altera el régimen de humedad, temperatura, o utiliza luz negra o electricidad en trampas; el Microbial es el control de la plaga por medio de enfermedades de los insectos plagas provocados por el hombre; el control Fitogenético utiliza variedades de plantas resistentes a las plagas y el control Químico usa pesticidas químicos (Horn 1988; MAG/FAO/PNUD 1976).

## **2.5 Toma de Decisión para el Manejo de Plagas Insectiles**

La decisión para el control de plagas está basada en la población o su daño, y los umbrales de acción. Se realiza un muestreo con el propósito de conocer la densidad aproximada de la plaga. Para medir esto se puede estimar la presencia del insecto, o el daño que éste causa. El umbral de acción es la densidad de la plaga a la cual el agricultor decide controlar, ésta se puede basar en una recomendación técnica o en la experiencia del agricultor. (King y Saunders 1984; Horn 1988; MAG/FAO/PNUD 1976).

Las decisiones sobre el manejo de plagas por el hombre, puede ser mejorado con el uso de sistemas computarizados que utilizan inteligencia artificial, donde un gran desafío es combinar los modelos de simulación con esquemas de

recomendaciones, basados en sistemas expertos (Horn 1988; EUREQUIP 1973; Acosta Flores 1975; Gurstein 1985) .

## 2.6 Sistemas Expertos

Una de las formas de poner a disposición el conocimiento sobre diagnóstico de plagas, es desarrollando sistemas expertos para diagnóstico de plagas (Adams 1988; Camacho Naranjo 1987).

Un sistema experto se define como un programa inteligente de computadora que usa conocimiento e inferencia, producidos para resolver problemas que son difíciles y requieren significativa experiencia humana para su solución. El conocimiento necesario para sugerir o recomendar, más el procedimiento de inferencia usado, puede ser consevido a través de la experiencia del mejor practicante en ese campo (Harmon y King 1985; Parsage y Chignell 1988; Weiss y Kulikonski 1984; Chadwick y Hannah 1987, Nebendahl 1988; Yoeli et al. 1989).

Los sistemas expertos pueden almacenar conocimientos de expertos para un campo determinado y muy delimitado y solucionar un problema mediante la solución lógica de conclusiones (Nebendahl 1988; Angulo 1986).

El impacto de la nueva tecnología en el manejo integrado de plagas, se manifiesta en nuevos métodos para modelar el medio ambiente, el muestreo biológico y el desarrollo de sistemas de apoyo para la toma de decisiones (Croft 1985; Ausher et al. 1986; Bailey et al. 1989; Gordon 1980; Jones et al. 1986; Logan 1988; Van Gigch 1987).

Las condiciones que crean la necesidad de la ayuda de la computadora, para las decisiones del hombre son: la cantidad, complejidad y análisis requerido de la

información, el alto control de ésta y la necesidad de acceso rápido. Además, contribuye a esto la acelerada investigación y la generación de gran cantidad de información biológica sobre la interacción plaga-hospedero, vista en el contexto de un ecosistema (Naegele et al. 1985; Brown et al. 1985; beck et al. 1987).

Avances recientes en la tecnología de las computadoras, han hecho posible el desarrollo de sistemas expertos en la agricultura, estos sistemas pueden ser útiles para resolver problemas sobre riego, problemas nutricionales y fertilización, control de malezas, control de insectos y control de enfermedades. El sistema experto tiene la ventaja de que después que es desarrollado, eleva el desempeño del trabajador promedio (McKinion y Lemmom 1985; Wisiol y Hesketh 1988; Bruggen et al. 1991; Caristi et al. 1987; Coulson et al. 1985; Fabellar et al. 1988; Fermanian et al. 1989; Rey et al. 1988).

En el campo de la entomología, el sistema experto es relevante para resolver problemas de diagnóstico. Tiene potencial para integrar diversos tipos de conocimiento, dentro de un programa fácil de usar que ayuda a tomar decisiones, convirtiendo al sistema experto en una herramienta extremadamente poderosa para ser usada en la investigación y extensión entomológica (Stone et al. 1986; Heong 1990; Holt et al. 1988; Batchelor et al. 1987; Moore et al. 1986; Pasqual et al. 1988).

En América Central, aún no se ha desarrollado un sistema experto para el manejo integrado de plagas insectiles de maíz. Sin embargo, se han hecho bases de datos para ser utilizadas como un sistema de referencia entomológico (Saunders, et al. 1983; Reyes y Hernandez 1987).



En la parte entomológica se han desarrollado algunas aplicaciones de sistemas expertos como: SYSTEX, que es un sistema experto de diagnóstico para la identificación del insecto del género *Signiphora*, otro caso es el sistema integrado llamado FLEX para la producción de algodón en Texas (Stone et al. 1986; Hearn 1987; Wooley et al. 1987).

## 2.7 Componentes de un Sistema Experto

Una característica decisiva de los Sistemas Expertos es la separación entre conocimientos y su procesamiento. A ello se añade una interfase de usuario y un componente explicativo (Nebendahl 1988; Frisbie 1986).

El "shell", al igual que un sistema experto, consta de tres componentes básicos: a) Base de conocimientos. En la que se encuentran los hechos del dominio y las heurísticas asociadas al problemas. Es decir, en la base de conocimiento de un "shell", es donde se colocará todo el conocimiento sobre el dominio específico. b) Motor de inferencia. Se trata de la estructura de control que emplea la base de conocimientos para obtener la solución del problema. c) Memoria de trabajo o base de datos global. Sirve para seguir el problema a través de todas sus fases. Contiene los datos de entrada del problema y lleva la secuencia histórica de todo lo hecho, con el objeto de justificar los pasos que se soliciten (Angulo et. al. 1985; Gutiérrez 1987).

### 2.7.1 Base de Conocimientos

La base de conocimientos contiene todos los hechos, reglas y los procedimientos del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema (Nebendahl 1988, Angulo et. al. 1985).

Los hechos son del tipo: la mosca tiene una longitud de 5 mm. La representación de este conocimiento puede realizarse orientándola según objetos. Los objetos de una base de conocimientos pueden ser entonces: mosca, mosca doméstica, mosca de las frutas. Estos objetos están relacionados de tal forma que una mosca de las frutas tiene todas las cualidades de una mosca y además, todas las cualidades específicas de una mosca de las frutas (Nebendahl 1988; Latin et al 1987).

En la creación de la base de conocimientos se plantean las siguientes preguntas: ¿Qué objetos serán definidos?, ¿Cómo son las relaciones entre los objetos?, ¿Cómo se formularán y precesarán las reglas?, ¿La base de conocimiento hace totalmente referencia a la solución del problema?, ¿La base de conocimiento es consistente?. Estas son preguntas que el Ingeniero del Conocimiento debe solucionar, en parte colaborando con los expertos (Luger et al. 1989).

### 2.7.2 Mecanismo de Inferencia

El mecanismo de inferencia es la unidad lógica con que se extraen conclusiones de la base de conocimiento, según un método fijo de solución de problemas que está configurado, imitando el procedimiento humano de los expertos para solucionar problemas (Rouse et al. 1984).

Una conclusión se produce mediante aplicación de reglas sobre los hechos presentes. En un sistema experto existirá un hecho sólo cuando esté contenido en la base de conocimientos (Pasqual et al. 1987).

Las funciones del mecanismo de inferencia son: a) Determinación de las acciones que tendrán lugar, el orden en que lo harán y cómo lo harán, entre las diferentes partes

del sistema experto, b) Determinar cómo y cuándo se procesarán las reglas y dado el caso, también la elección de que reglas deberán procesarse, c) Control del diálogo con el usuario (Saunders et al. 1985).

### 2.7.3 Componente Explicativo

Las soluciones descubiertas por los expertos deben ser repetibles, tanto por el ingeniero del conocimiento en la fase de comprobación, así como por el usuario. La exactitud de los resultados sólo podrá ser controlada por los expertos.

A pesar de insistir sobre la importancia del componente explicativo, es muy difícil y hasta ahora no se han conseguido cumplir, todos los requisitos de un buen componente explicativo. Muchos representan el progreso de la consulta de forma gráfica. Además, los componentes explicativos intentan justificar su función rastreando hacia atrás el camino de la solución. Los componentes explicativos existentes pueden ser suficientes para el ingeniero de conocimiento, ya que está muy familiarizado con el entorno del procesamiento de datos y a veces, basta también para el experto; para el usuario, que a menudo desconoce las sutilezas del procesamiento de datos, los componentes explicativos existentes son todavía insatisfactorios (Rouse et al. 1984).

### 2.7.4 Interfase de Usuario

La interfase se establece de la forma en que el sistema experto se presentará al usuario y debe responder a las preguntas: ¿Cómo debe responder el usuario a las preguntas planteadas?, ¿Cómo saldrán las respuestas del sistema a las

preguntas que se le planteen?, ¿Qué informaciones se representarán de forma gráfica?.

La interfase de usuario debe cumplir los siguientes requisitos: a) El aprendizaje del manejo debe ser rápido, b) Debe evitarse en lo posible la entrada errónea de datos, c) Los resultados deben presentarse en una forma clara para el usuario, d) las preguntas y explicaciones deben ser comprensibles (Meyer 1990).

#### 2.7.5 Componente de Adquisición

Un buen componente de adquisición ayudará considerablemente la labor del ingeniero de conocimiento. Este puede concentrarse principalmente en la estructuración del conocimiento, sin tener que dedicar tanto tiempo a la actividad de la programación (Spangler et al. 1989; Jones et al. 1986).

### 2.8 Representación del Conocimiento

Para el procesamiento y la manipulación del conocimiento, en sistemas expertos, es necesario formalizar y estructurar el conocimiento. Se dispone del conocimiento a través de entrevistas con los expertos en forma de descripciones de casos o en partes de su actividad.

Se han desarrollado procedimientos de representación del conocimiento que pueden ofrecer un apoyo eficiente a la estructuración y al procesamiento del saber. Se trata de: a) Reglas de producción, b) Redes semánticas, c) Marcos, d) Cálculo de predicados (Starfield et al. 1983).

### 2.8.1 Reglas de Producción

La forma más comprensible de representación del conocimiento se basa en las reglas de producción. Se trata de descripciones de acciones dependientes de ciertas condiciones. Una sola regla de producción puede captarse como unidad de conocimiento. La regla es el componente más pequeño del que consta el sistema en su totalidad (Benson 1987).

Los expertos están mejor dispuestos a formular sus conocimientos con ayuda de reglas "SI..., ENTONCES...". En la actualidad, la mayoría de los sistemas expertos se basan en reglas de producción (Angulo et al. 1986).

Los hechos por sí mismos no pueden ser usados para razonar. Se necesita la relación de hechos con reglas para razonar y derivar nuevos hechos. La regla es la forma general de representar la información (Doluschitz et al. 1988).

Una regla puede ser expresada en forma general:

SI premisa

ENTONCES conclusión;

La premisa esta hecha de una o más condiciones. Una regla sugiere que la conclusión siguiente a la premisa es una forma lógica o una acción orientada. Se puede también escribir reglas usando el formato:

Conclusión

IF premisa;

donde el orden de la premisa y conclusión es inversa. Se puede usar ambos formatos para representar reglas (Buchanan et al. 1983).

El componente más importante de un sistema de producción es el mecanismo de inferencia. Con él se gobierna el procesamiento y la elección de las reglas de producción. Un buen mecanismo de inferencia destacará por sus eficientes métodos y estrategias de solución de conflictos, para la elección de una regla a partir de una serie de posibles reglas (Moose et al 1987).

### 2.8.2 Redes Semánticas

Las redes semánticas son un método de representación del conocimiento sobre las relaciones de los objetos. Los nodos de una red semántica corresponden a los objetos y los arcos describen las relaciones entre los objetos. Así puede tomarse un arco con sus dos nodos como una sola unidad de conocimiento (Harmon et al 1985).

Una red semántica ofrece una buena visión general sobre las relaciones y dependencias de un área de conocimiento (dominios) y es muy apropiada para la estructuración del conocimiento y verificación del experto. Sin embargo, los enunciados de las relaciones mencionadas en los arcos deben ser formuladas fuera de la red (Nebendahl 1988).

En la red semántica pueden haber relaciones unidireccionales (dependencias de una relación entre objetos) y relaciones bidireccionales (relaciones entre objetos). Las relaciones unidireccionales se representan con una flecha en la dirección del objeto (Luger et al. 1989).

### 2.8.3 Marcos

Un marco (Frame) es una estructura de datos que sirve para representar una situación estereotipada. Agregado a cada marco hay varios tipos de información. Parte de esta

información hace referencia a cómo utilizar el marco; otra se refiere a lo que se puede esperar que suceda en segundo lugar y otra a su vez, indica qué hacer si tales esperanzas no son confirmadas (Luger et al. 1989).

Un marco es, por lo tanto, la división de objetos, o también de situaciones, en sus componentes. Estos componentes son introducidos en las ranuras correspondientes del marco. Las ranuras a su vez pueden estar subdivididas.

Antes de utilizar el marco, es un armazón preestructurado de datos. La configuración del marco y las definiciones de las ranuras están ya fijadas. A lo largo del procesamiento se van rellenando las ranuras con los contenidos, en este proceso puede haber varios marcos con la misma estructura pero diferente contenido (Norton 1987).

Los valores de una ranura son heredables. De esta forma no hace falta modificar más que el valor jerárquicamente superior de la ranura y todas las instancias subordinadas del marco obtienen el nuevo valor (Norton 1987).

Para el procesamiento de los marcos deben existir reglas y procedimientos incorporados en el concepto. Los procedimientos asociados a las ranuras son activados por determinados acontecimientos.

Si se accede a una ranura todavía vacía debe conseguirse el valor. En el procedimiento activado, el valor se calcula o se extrae de la base de conocimientos, o también se solicita al usuario durante el diálogo y se introduce en la ranura (Rouse et al. 1984).

#### 2.8.4 Cálculo de Predicados

El cálculo de predicados es un lenguaje formal con sintaxis y gramática propias, capaz de valorar enunciados

lógicos y extraer conclusiones para la creación de nuevos enunciados.

El cálculo de predicados describe el conocimiento en forma de predicados (enunciados). Se trata de una notación formal para la descripción de relaciones lógicas y objetos. Contiene una gramática con la que se pueden componer enunciados lógicos válidos. El cálculo de predicados contiene reglas semánticas que relacionan los símbolos del lenguaje formal con los objetos y reglas de procesamiento capaces de crear expresiones lógicas válidas (Buchanan *et al.* 1983).

## 2.9 Estrategias de Inferencia

### 2.9.1 Encadenamiento hacia Adelante

En el encadenamiento hacia adelante se buscan en la base de conocimientos, reglas para los hechos conocidos y se ejecuta su parte de acción. Este proceso se realizará tantas veces como sea necesario hasta alcanzar el objetivo o hasta que no quede ninguna regla más que pueda ser aplicada (Pazos Sierra 1987).

### 2.9.2 Encadenamiento hacia Atrás

En el encadenamiento hacia atrás se parte de un objetivo (una hipótesis), de una conclusión. Todas las reglas que contienen esta conclusión son comprobadas, para saber si se cumplen las condiciones de estas reglas (Pazos Sierra 1987).



## 2.10 Consulta

### 2.10.1 Usuarios

Los sistemas expertos desempeñan el papel de asistentes inteligentes y competentes del experto. El conocimiento de los expertos es necesario para muchas personas que, por regla general, no poseen una formación especializada en dominios muy concretos (Eduard-Jones *et al.* 1989).

Si en un sector determinado hay pocos expertos, un sistema experto puede poner a disposición, de forma constante, los conocimientos de dichos expertos. Pero no se trata de sustituir al experto o de mantener usuarios y expertos alejados entre sí, sino más bien, se trata de poner en las manos de los usuarios una herramienta efectiva que libere a los expertos de trabajos rutinarios (Brown *et al.* 1985).

El usuario debe disponer de un conocimiento especializado, lo suficientemente amplio sobre el tema en el cual trabaja, para poder manejar el sistema experto. Puede decirse que la diferencia entre usuario y experto no debe ser demasiado grande. Ambos deben poder "conversar" sobre el problema en un lenguaje común dado al sistema experto (Frisbie 1986).

### 2.10.2 Tipos de Consultas

En la interfase de usuario de un sistema experto, se ponen a disposición del usuario dos componentes: a) Un componente activo que determina el resultado en la interacción con el usuario y b) Un componente pasivo que justifica el resultado (Holt *et al.* 1988).

La consulta misma transcurre en general, según el esquema siguiente: primero se plantean al usuario algunas preguntas generales para alcanzar una determinación aproximada al contexto. Una primera valoración, que se produce dependiendo del método prefijado de procesamiento de los conocimientos del sistema experto en uso; desemboca entonces en el verdadero diálogo con el usuario, orientando al objetivo. El diálogo, por parte del sistema, está a menudo dimensionado para ir confirmando o rechazando hipótesis, o realizar una aproximación sucesiva hacia un objetivo introducido de antemano (McKinion et al. 1985).

El sistema se comporta como un experto y: a) Plantea preguntas precisas, b) Informa sobre los resultados intermedios y las hipótesis modificadas, c) Determina el resultado, por ejemplo, un diagnóstico, d) Justifica el resultado y e) explica también el rechazo de las hipótesis (McKinion et al. 1985).

### 2.10.3 Motivos de una Consulta

Los motivos por los que se consultan sistemas expertos pueden ser muy variados, dependerán del objetivo con el que se ha desarrollado el sistema, ejemplo: tareas difíciles o tediosas de los expertos, diccionario dinámico, consistencia del servicio de asesoría, confirmación de decisiones tomadas, apredizaje, asesoramiento del usuario y control del propio conocimiento (Doluschits et al. 1988).

Pero un sistema experto se consultará cuando exista un problema que no requiera solución inmediata y no se pueda o quiera recurrir primero al experto. Los sistemas expertos sirven también al mismo experto que lo alimenta como diccionario dinámico, que mantiene el conocimiento de reglas antiguas, mientras se concentran en los nuevos desarrollos (Doluschits et al. 1988).

## 2.11 Adquisición de Conocimiento

La adquisición del conocimiento es la parte más importante de un sistema experto, pero es también una limitante en la construcción. Los ingenieros de conocimiento no poseen el dominio de conocimiento del experto. Problemas de comunicación durante el proceso de transferencia de experiencia son comunes, especialmente el uso del vocabulario por el experto puede no ser entendido.

Existen algunas formas para adquirir conocimiento por un sistema experto (Buchanan *et al.* 1983; Harmon y King 1985; Waterman 1986). Una manera común es entrevistando al experto y estudiando sus técnicas de solución de problemas. Suplementado por literatura, el ingeniero de conocimiento desarrolla un prototipo. A través de procesos iterativos, el prototipo es entonces probado y refinado.

Algunas técnicas para extraer conocimiento son: a) Observación en el sitio, se trata de observar cómo el experto resuelve problemas reales en el trabajo; b) Discusión del problema, se explora la clase de datos, conocimiento y procedimientos necesarios para resolver un problema específico; c) Descripción de problemas, el experto describe un problema típico para cada categoría de respuestas; d) Análisis de problemas, se presenta al experto una serie de problemas reales para resolver en voz alta, observando el comportamiento y los pasos del razonamiento; e) Refinamiento del sistema, el experto presenta una serie de problemas para resolver, usando las reglas adquiridas de las entrevistas; f) Examinar el sistema, el experto tiene que examinar y revisar críticamente las reglas del prototipo y la estructura de control; g) Validación del sistema, presentar los casos resueltos por los expertos y el sistema prototipo a otros expertos (Waterman 1986; Welch *et al.* 1981).

Muy a menudo el proceso de adquisición de conocimiento consume mucho tiempo. Un pequeño sistema con 50 a 350 reglas puede tomar de un cuarto, a una persona por año para ser desarrollado (Harmon y King 1985). Sistemas con 500 a 3000 reglas puede tomar tanto como dos a tres personas por año (Johnson 1983).

## 2.12 Herramientas para la Construcción de Sistemas Expertos

### 2.12.1 Lenguajes

Pueden desarrollarse sistemas expertos en cualquier lenguaje de programación. Sin embargo hay unos lenguajes que son especialmente adecuados. En la mayoría de los casos se subordinan lenguajes de programación a los diferentes paradigmas de programación: a) Paradigma de procedimiento, bajo esta definición se entiende la programación algorítmica; b) Paradigma declarativo de programación, es la descripción de un problema con hechos y reglas; c) Paradigma funcional de programación, donde la solución de un problema se consigue con la consecuente aplicación de funciones, una función ejecutada suministra como resultado un valor, que es reprocesado por la función anterior; d) Programación orientada al objeto, se describen objetos, éstos envían información a otro objetos y aplican métodos a la recepción de información.

Los lenguajes que han encontrado mayor aplicación en el desarrollo de sistemas experto y "shell" son el PROLOG, LISP y C++.

El PROLOG es un lenguaje declarativo en el que el conocimiento puede representarse fácilmente, como reglas de producción (Berk 1986; Borland 1986;.Robinson 1987; Schildt 1987; Yin et al. 1987).

El LISP es un lenguaje funcional, que al igual que el PROLOG presenta las siguientes ventajas: su principal orientación se centra más en el procesamiento de símbolos y estructuras que en el cálculo con cifras. Además, no hay diferenciación entre estructura de datos y de programas (Berk 1986).

El C++ es un lenguaje de programación orientado al objeto, que es un método de programación de la forma en que se modela el mundo, tiene la capacidad de generalizar, clasificar y generar abstracción ( Borland 1987; Hu 1987).

### 2.12.2 Sistema Experto "Shell"

Cuando a un sistema experto se le extrae el conocimiento, referente al caso de aplicación en particular para el que fue escrito, recibe el nombre de "shell". Entonces el "shell" es un caparazón o concha que puede recibir conocimiento (Nebendahl 1988).

Los "shell" ayudan en el desarrollo de sistemas expertos. Un "shell" ofrece al ingeniero del conocimiento métodos auxiliares, como por ejemplo estructuras para representación del conocimiento, mecanismos de inferencia, apoyo para un componente explicativo (Nebendahl 1988).

Los componentes más deseados en un "shell" son: formalismo para la representación del conocimiento, medios de estructuración para la base de conocimientos, mecanismo de inferencia, interfase de usuario, apoyo en la creación de un componente explicativo, mecanismos para la comprobación de consistencia, ayuda en la adquisición de conocimientos (Harmon et al. 1985).

Las desventajas del "shell" son: la base del conocimiento es aplicable sólo a determinados entornos, se

debe aprender el lenguaje y la sistemática del "shell" elegido, la introducción de funciones nuevas o la modificación de antiguas sólo es posible con el "shell", la utilización del "shell" está muy limitada a determinados ordenadores (Camacho Naranjo 1987).

A pesar de todos los inconvenientes, para una estructuración rápida de un sistema experto, es recomendable comenzar con un "shell", para crear un prototipo (Brown et al. 1985).

### 2.13 Etapas en la Construcción de un Sistema Experto

La primera fase consiste en un riguroso estudio del problema a plantear. Dentro de esta fase existen los siguientes pasos: a) Planteamiento de los objetivos a cubrir, b) Definición de los recursos físicos y humanos disponibles, c) Establecimiento de los conceptos principales, d) Realización de un estudio sobre su viabilidad y costo (Doluschitz et al. 1988).

En la segunda fase se elabora un prototipo del sistema experto que se desea construir. En esta tarea es importante preguntar si es posible utilizar para el proyecto en desarrollo, alguno de los sistemas expertos ya existentes en el mercado, lo que supone utilizar la estructura de reglas y la forma de realizar las deducciones del sistema experto conocido. En este último caso se utilizaría el sistema experto elegido como molde y simplemente habría que formalizar las reglas del dominio del proyecto en construcción e implementarlas para posteriormente, comprobar su validez (Pasqual et al. 1987).

Es normal que se produzcan numerosas consultas entre el jefe del proyecto y los expertos, sobre el tema para que se propongan todas las posibles variantes y mejoras mientras se construye el nuevo sistema experto.

Una vez que se ha comprobado el funcionamiento del prototipo, hay una fase de puesta a punto, en la que se añaden reglas a la base de conocimientos (Seminario sobre Inteligencia Artificial 1989).

La última fase es la construcción final del sistema que se piensa comercializar, con su documentación y planes de mantenimiento para el futuro.

En la construcción de un sistema experto el mayor problema que se puede plantear es el derivado de la adquisición del conocimiento, algunas fuentes de conocimiento son: el experto humano, resultados empíricos de casos anteriores, libros de texto, artículos e información sobre los más recientes avances (Seminario sobre Sistemas Expertos 1988).

### 3. METODOLOGIA GENERAL

La elaboración del presente trabajo se llevó a cabo en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

El estudio está compuesto por cuatro etapas independientes pero íntimamente relacionadas, las cuales fueron desarrolladas por el autor con la ayuda del comité asesor.

La primera parte fue el montaje del comité asesor, que debido a la naturaleza del trabajo, se formó por especialistas en diferentes disciplinas, como: entomología, computación, economía, y sistemas de producción.

La segunda parte consistió en diseñar y construir un sistema experto "shell", para el desarrollo de sistemas expertos de diagnóstico de plagas insectiles. En esta parte se diseñó el modelo conceptual y operativo del sistema experto "shell", así como la codificación de éste en lenguaje VP-EXPERT; además, se hicieron bases de datos y de textos.

En esta etapa los especialistas sugirieron la manera en que podía generalizarse el diagnóstico, así como el conocimiento mínimo que éste debía contener y manejar.

La tercera etapa de la tesis fue el desarrollo de un sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central. Para llevarse a cabo, hubo que apoyar el "shell" elaborado en el primer trabajo, esto redujo el trabajo de programación, lo cual permitió



concentrarse en la adquisición del conocimiento sobre las plagas insectiles que atacan maíz.

El conocimiento adquirido se obtuvo mediante revisión de literatura, pero principalmente de entrevistas personales con los especialistas en entomología. El conocimiento que se necesitaba era: la fenología de la planta cuando es atacada, el órgano de la planta atacado, descripción del daño general, descripción del daño específico, la forma general del insecto, la forma específica del insecto, el orden y la familia de insecto, un texto que describa al insecto en su distribución geográfica, su ciclo de vida, huéspedes, daño, situación de la plaga y su control. Con esta información se construyó el sistema experto.

Luego, el sistema experto fue verificado por el especialista que dio el conocimiento, y fue evaluado por otros especialistas quienes rectificaron y aumentaron el conocimiento.

En la cuarta etapa del trabajo se realizó una comparación del sistema experto, para diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central y el libro guía, "Las plagas invertebradas de los cultivos anuales alimenticios en América Central" (King y Saunders 1984).

En los dos sistemas de diagnóstico se comparó el número de aciertos logrados al realizar doce diagnósticos, con el libro guía y con el sistema experto, también se tomó como dato el tiempo en que se hicieron los diagnósticos.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos y 18 repeticiones. Las repeticiones fueron estudiantes de maestría en el área de manejo integrado de plagas, pero que no eran especialistas en entomología.

Cada estudiante hizo doce diagnósticos con el libro guía y doce con el sistema experto en total 24 diagnósticos, estos fueron intercambiados en cada repetición.

Los resultados se analizaron estadísticamente y se obtuvieron las conclusiones pertinentes.

En la quinta etapa se evaluó la facilidad de uso del "shell", en donde se comparó el tiempo de consulta, los aciertos y la opinión de facilidad de los participantes. Para hacer la evaluación, se utilizó un diseño completamente al azar, en donde hubo cinco observaciones y siete tratamientos. Los tratamientos consistieron en personas con diferentes grados de educación: secretarías, auxiliares de laboratorio, extensionistas, técnico medio (Ingeniero o Licenciado), técnico medio que conoce de plagas (Ingeniero o Licenciado), master (M.Sc.), doctor (Ph.D) .

La información de las variables se obtuvo al pasar a cada persona una guía de seguimiento, luego se tomó el tiempo y los aciertos, por último se preguntó su opinión acerca de la facilidad que había notado.

Después de haber obtenido los datos se procedió a analizarlos y a estudiar los resultados, alcanzando al final las conclusiones.

Para llevar a cabo todo el trabajo se utilizó una microcomputadora marca HYUNDAI, modelo Super-286C, con un microprocesador Intel 80286, un disco duro de 40 MB, un manejador de discos (drive) de 5 ¼", un manejador de discos (drive) de 3.5", un monitor monocromático de alta resolución, una tarjeta de gráficos multivideo marca ATI y una impresora de matrices marca EPSON LX-800 de 180 cps.

#### 4. DISEÑO Y COSTRUCION DE UN SISTEMA EXPERTO SHELL PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS EXPERTOS DE DIAGNOSTICO DE PLAGAS INSECTILES.

##### 4.1 INTRODUCCION

La identificación correcta de las plagas es necesaria para su adecuado manejo. Al realizar esta identificación los agricultores, extensionistas y los administradores, utilizan varias fuentes de información y herramientas. La herramienta más confiable, dará la mejor recomendación sobre el manejo.

Las guías claves, de tipo pictórica, descriptivas y taxonómicas, así como manuales, libros, filminas, diapositivas y películas son las herramientas mas utilizadas. Sin embargo, estas herramientas se encuentran sólo en las manos de algunos técnicos y bibliotecas que trabajan en el área de protección vegetal.

Lo ideal sería disponer de especialistas en el área de fitoprotección, para hacerles las consultas en el momento preciso. Sin embargo, esta solución no es factible porque existe escasez de personal adecuadamente preparado en fitoprotección en la región de América Central .

El desarrollo de la computación permite utilizar las técnicas de inteligencia artificial, en la solución de problemas de identificación de las plagas.

Los sistemas expertos son programas que proporcionan conclusiones expertas acerca de áreas de temas especializados.

La toma de decisiones de los técnicos puede ser asistida por los sistemas expertos, suministrando las posibles soluciones, como lo haría un especialista.

Los sistemas expertos pueden utilizarse para difundir el conocimiento de los especialistas en entomología, así como de otras ramas agrícolas.

Cada sistema experto es específico al área de conocimiento para lo cual fue elaborado. Por esto, se tendrá que desarrollar un sistema experto diferente para los insectos de cada cultivo.

Los "shell" están formados por la estructura de razonamiento que los especialistas poseen para llegar a una conclusión. Por lo tanto, los "shell" no tienen conocimiento y están libres para recibirlo.

Los "shell" facilitan la construcción de sistemas expertos específicos. Si se fabricara cada sistema experto individualmente, se absorbería mucho esfuerzo y recursos. Sin embargo, se puede usar un "shell" como la estructura principal de cada sistema experto específico, así se evita tener que rehacer la estructura para cada sistema específico. Basta solamente cambiar los conocimientos básicos para cada cultivo.

El propósito de este trabajo es fabricar un "shell" para la elaboración de sistemas expertos de identificación de plagas insectiles en cualquier cultivo.

## 4.2 MATERIALES Y METODOS

### 4.2.1 Identificación y selección de expertos

Los expertos se seleccionaron entre los especialistas del Proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE.

La identificación y selección se hizo tomando en cuenta los siguientes criterios:

- a) Posesión de una apropiada especialización en entomología,
- b) Habilidad de usar este conocimiento efectivamente,
- c) Habilidad de reconocer los límites de su conocimiento,
- d) Proveer las soluciones de manera oportuna.

Siguiendo estos criterios se identificaron y seleccionaron tres expertos:

PhD. Joseph Saunders

M.Sc. Phillip Shannon

Ing. Daniel Coto

Estos expertos aportaron el conocimiento técnico necesario para elaborar el "shell".

También hubo la necesidad de expertos en la rama de cómputo de donde se seleccionaron a:

PhD. James French

PhD. Luis Ugalde

Además, el punto de vista integrador entre cómputo y agricultura, bajo un enfoque de sistemas, fue dado por los siguientes expertos:

PhD. James French

M.Sc. José Arze.

Este fue el equipo de expertos que dio el apoyo para el desarrollo del "shell".

#### 4.2.2 Estructura del modelo conceptual

La estructura lógica del modelo conceptual, es la forma de razonamiento con la cual el sistema podrá identificar el insecto plaga. Se realizó utilizando el conocimiento del grupo de expertos seleccionados.

Se hizo un modelo técnico donde participaron los expertos en plagas insectiles, que consistió en hacer la estructura lógica de las consultas posibles que se podían realizar.

Luego se diseñó un modelo operativo, que se fundamentó en el modelo técnico, para hacer la lógica que podía posteriormente programarse; esta parte incluyó el trabajo de los expertos en computación y en sistemas.

##### 4.2.2.1 Modelo técnico

El modelo técnico se desarrolló con la secuencia lógica normalmente utilizada por los especialistas en entomología.

El planteamiento del "shell" para diagnóstico de plagas insectiles, debió responder a las preguntas, ¿cuáles son las formas de hacer el diagnóstico?, ¿qué información mínima

necesaria se requiere para hacer un diagnóstico ?, ¿cómo se generalizará el sistema?.

#### 4.2.2.1.1 Formas de hacer el Diagnóstico

En el caso del diagnóstico de plagas insectiles, los expertos indicaron que las maneras más comunes de identificación eran utilizar: conocimiento del daño o del insecto, o de ambos factores. También se puede usar el conocimiento de la taxonomía del insecto, la parte dañada de la planta y los supuestos del usuario sobre la plaga insectil. Cada uno de estos factores tiene su propia estructura lógica para llegar a deducir la plaga. Los insectos en diferentes estados de desarrollo, pueden atacar distintos órganos de la planta en diversos estados fenológicos, por lo que se pueden producir daños diferentes.

El diagnóstico por el daño, consiste en las observaciones de campo que consideran únicamente el perjuicio del insecto. Para poder llevar acabo el diagnóstico por daño, se necesita conocer la fenología de la planta, el órgano dañado, descripción general del daño y descripción específica del daño.

El especialista hace la identificación por el insecto, cuando se encuentra el insecto en la planta y no se observa el daño que produjo. En este caso se debe saber cuál es el estado fenológico del cultivo, el órgano donde se encontró el insecto, la forma general del insecto y la forma específica del mismo.

Si en las observaciones de campo, el experto encuentra y observa el insecto y el daño en la planta, entonces el especialista identifica por ambos. En este caso el experto necesita conocer, el estado fenológico del cultivo, el



órgano dañado de la planta, la forma general y específica del insecto.

También puede hacerse el diagnóstico utilizando el conocimiento de taxonomía entomológica, cuando se observe sólo el insecto plaga. El conocimiento que se utiliza en este caso es el orden, la familia y la forma específica del insecto.

Cuando el experto observa el órgano dañado de la planta y no observa más características, él puede suponer cuál es el insecto más probable. El diagnóstico de esta forma, lo realizan personas con experiencia .

Otra manera de hacer un diagnóstico es suponer el insecto plaga que causa el problema. El especialista lo hace cuando las observaciones de campo son muy precisas y el insecto que el experto supone es el más probable. Lo único que se desea es confirmar lo observado.

#### 4.2.2.1.2 Información Necesaria para hacer el Diagnóstico

El sistema experto necesita cierto conocimiento para poder funcionar.

La información mínima necesaria para proveer el conocimiento que el modelo de diagnóstico necesita es la siguiente: la fenología de la planta, el órgano de la planta dañado, forma general y específica del insecto, el daño general y específico de la planta, el orden y la familia del insecto. Esta información es necesaria para cada insecto plaga.

Conociendo la fenología de la planta se puede reducir el número de insectos posibles. Las plantas son atacadas normalmente por diferentes insectos, durante distintos estados de su desarrollo. El mismo insecto puede atacar

durante diferentes etapas fenológicas. Sin embargo, hace un daño parecido o no ataca el mismo órgano de la planta.

Los insectos tienen preferencias diferenciales por órganos de la planta. Al conocer el órgano dañado, se puede reducir el número de insectos a considerar. Aunque pueden haber grupos de insectos que tengan la misma preferencia; muchas veces es en diferentes estados fenológicos.

Durante su ciclo de vida, los insectos pasan por diferentes estados morfológicos. Estos son fácilmente observables de manera general. Se puede diferenciar entre insectos de distintas especies, al considerar la forma física del momento.

Los insectos con características generales similares se pueden diferenciar por sus formas o rasgos más finos como el color, las setas o pelos, el tamaño y otros, que pueden ayudar a diferenciar individualmente al insecto.

Se pueden agrupar los insectos por el tipo de daño observado en la planta. Una observación general de un daño común reduciría el número de insectos en el grupo que pudiera estar atacando la planta.

Los daños causados por los insectos aunque similares, en general, tienen diferencias muy detalladas asociados con diferentes insectos. Una observación de este detalle puede ayudar a separar los insectos que lo producen.

El orden de un insecto es el primer nivel taxonómico del programa. Sin embargo, el uso de éste necesita de mucho conocimiento en entomología.

La familia del insecto es un nivel jerárquico inferior al de orden y requiere mayor conocimiento entomológico. El conocimiento de la familia permite un nivel mayor de separación entre los grupos de insectos plagas.

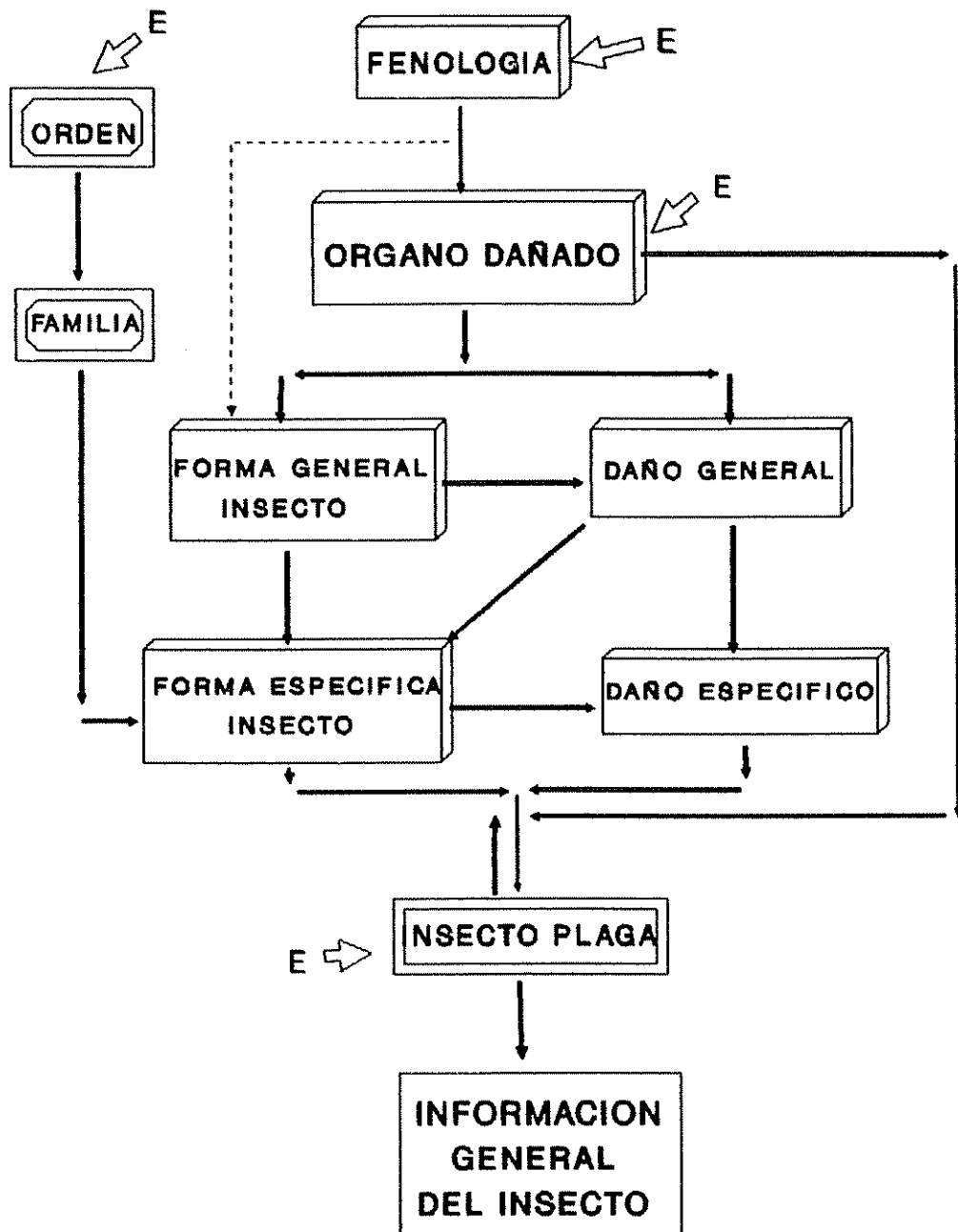
#### 4.2.2.1.3 Estructura Lógica del Modelo

La estructura lógica del modelo se muestra en la figura 4.1. Se puede observar como se relacionan entre sí la información mínima necesaria que el modelo utiliza para hacer el diagnóstico.

La estructura muestra la forma jerárquica del sistema. Se ha tomado como lógica, la facilidad de observación en el campo, Obsérvese la letra E en la figura 4.1, esta significa entrada de la observación. Lo primero que se observa es el desarrollo de la planta (Fenología), luego, se observa la parte de la planta atacada (el órgano dañado), etc.. Se pretende conocer solamente el insecto que hizo el daño. Sin embargo, si se observa sólo el insecto, se le puede identificar por medio de la taxonomía y así combinar toda la información para determinar qué insecto hace el daño.

#### 4.2.2.2 Modelo Operativo

El modelo operativo es la manera en que se construyó el sistema (fig. 4.2.), basándose en las partes que el programa tiene, siendo éstas: el programa principal, bases de datos y archivos ASCII.



E - Entrada de Información

Fig. 4.1. Estructura lógica del modelo conceptual

El programa principal tiene las instrucciones que controlan y regulan el sistema experto. El programa es capaz de llamar información de la base de datos y de archivos ASCII. Aquí es donde se implementó la estructura del modelo técnico generado por los expertos.

La base de datos es importante ya que almacena los hechos y códigos que forman parte del conocimiento del sistema. Se puede agregar más información a la base de datos sin tener que alterar el programa principal. Esto le da flexibilidad para mejorar el conocimiento del sistema al agregar más datos relevantes con el tiempo. Además, lo hace flexible para utilizarlo con diferentes cultivos.

El archivo de textos posee el conocimiento de los aspectos relevantes a cada cultivo específico. Estos archivos incluyen descripciones amplias de lo que pregunta el experto. El manejo de esta información es fácil ya que se encuentra en formato ASCII, que es muy común.

#### **4.2.3 Programación del Modelo**

Una vez definida la estructura del modelo conceptual, se implementa en un lenguaje que la microcomputadora entienda. Para esto se programa la computadora utilizando el lenguaje de programación más conveniente y apropiado.

El programa principal fue implementado con el programa VP-EXPERT versión 2.01. Este es un "shell" de programación para sistemas expertos hecho en lenguaje C, el cual trabaja con base en reglas.

La base de datos fue hecha en DBASE IV, que es compatible con DBASE III, paquete de uso común en América Central. También es compatible con VP-EXPERT.

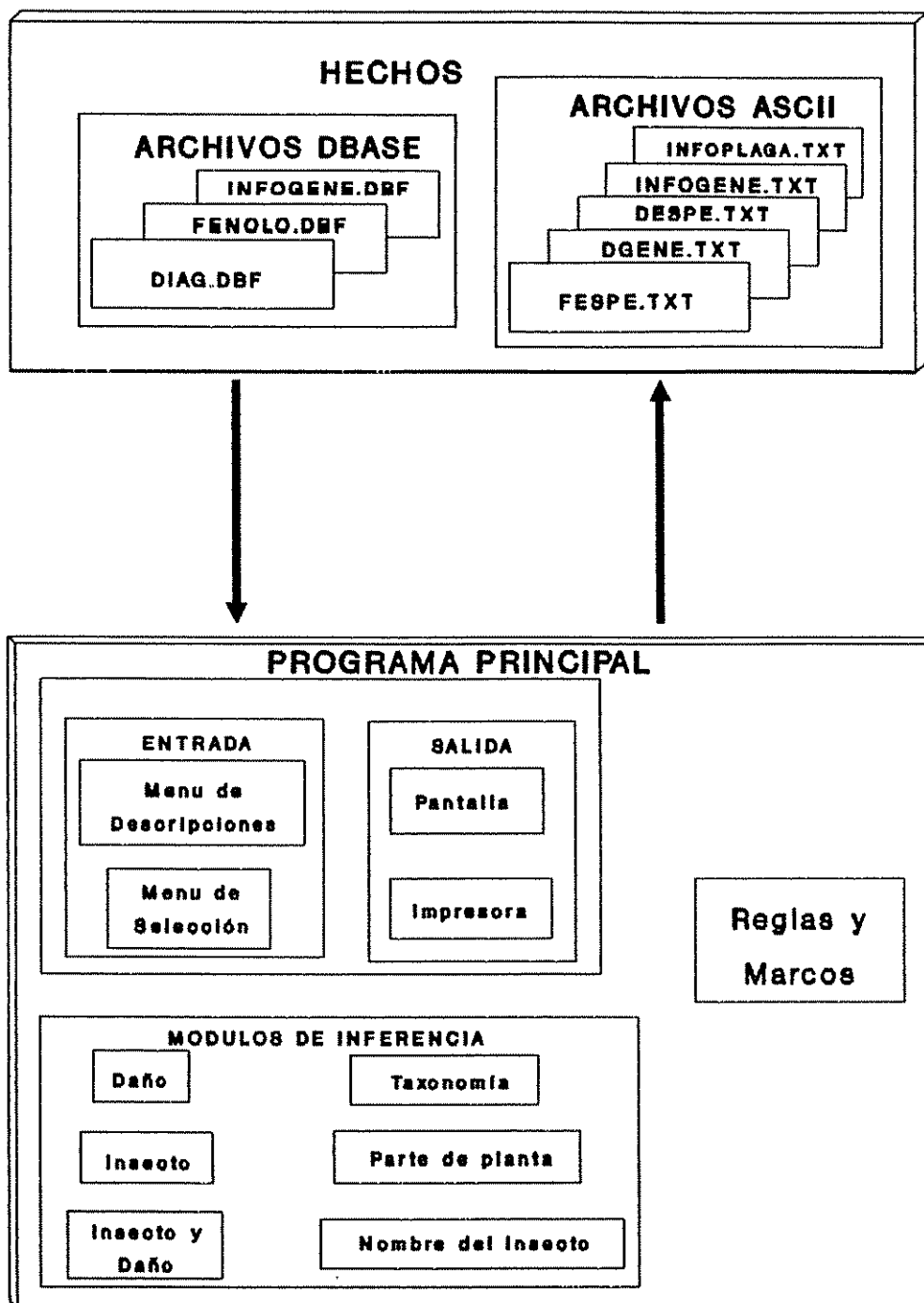


Fig. 4.2. Modelo operativo del sistema experto shell

El archivo de texto fue hecho con el procesador de palabras WORD versión 5. Fue grabado utilizando la opción de no formato. Se podría utilizar cualquier procesador de palabras o editor de líneas. Siempre grabando el archivo en formato ASCII.

Se representan los conocimientos del modelo en forma de hechos, reglas y marcos. La interacción de estos conocimientos, con el usuario que provee la información sobre el diagnóstico en cuestión, permite al modelo llegar a conclusiones.

El hecho representa las características que se pueden afirmar. Por ejemplo, se puede afirmar: la fenología en que se encuentra el cultivo, estado de germinación, o plantula, etc..

El conocimiento en reglas, fue estructurado en el programa principal;éstas sirven como condicionantes y conclusiones en el funcionamiento de la estructura lógica. Se trata aquí de descripciones de acciones dependientes de ciertas condiciones. Por ejemplo, si el insecto es un picudo entonces es de la familia cucurilionidae.

Los marcos son una estructura de datos que sirve para representar una situación estereotipada. Los marcos por lo tanto manejan objetos o componentes que son introducidos en ranuras o casillas. Por ejemplo, para conocer una plaga necesitamos conocer el orden, la familia y la forma específica. Se deben llenar estas tres casillas para llegar al nombre del insecto.

La búsqueda de respuesta se realizó de dos maneras: el encadenamiento hacia adelante (forward-chaining) y el encadenamiento hacia atrás (backward-chaining).

En el encadenamiento hacia adelante se busca en la base de conocimiento, reglas para los hechos conocidos y se ejecuta su parte de acción.

En el encadenamiento hacia atrás se parte de una hipótesis y todas las reglas que contienen esta conclusión son comprobadas, para saber si se cumplen las condiciones de estas reglas.

#### 4.2.4 Componentes del Programa

El programa consiste en varios componentes. Estos son: los módulos de inferencia, la base de conocimiento y la interfase con el usuario.

##### 4.2.4.1 Módulos de Inferencia

Los módulos de inferencia son las partes del programa que pueden acceder la información, de tal manera que pregunta al usuario según la información que él disponga. Estos módulos fueron contruidos pensando en las posibles observaciones de problemas en el campo. La manera de entrar a éstos es por medio del menu principal. Cada módulo está contruido por submódulos que pueden ser compartidos por varios módulos. Los módulos principales son: daño, insecto, insecto y daño, nombre del insecto, parte de la planta, taxonomía, información general, ayuda y terminar.

Módulo daño: la secuencia lógica en que trabaja el módulo de daño es la siguiente: al escoger el daño del menu principal el sistema pregunta el estado fenológico de la planta, el órgano dañado, el daño general y por último el daño específico. Al final se obtiene la respuesta.



**Módulo Insecto:** el módulo de insecto requiere del submódulo de fenología y del órgano dañado, Si no se conoce el órgano dañado puede obviarlo, También se usan los submódulos de forma general del insecto y forma específica del insecto, obteniéndose posteriormente la respuesta.

**Módulo insecto y daño:** el módulo de insecto y daño combina el conocimiento de los módulos daño e insecto. El arreglo que hace es el siguiente: fenología, órgano dañado, forma general del insecto, daño general, forma específica del insecto y daño específico. Nótese que en este caso no soporta el desconocimiento del órgano de la planta dañado, como en el caso del módulo insecto.

**Módulo Nombre del Insecto:** este módulo llama de la base de datos, el campo de plaga y luego presenta en un menu los nombres de los insectos plaga. Para ser escogidos, una vez seleccionado uno o varios nombres, este módulo presenta las características con las cuales se presenta cada insecto seleccionado.

**Módulo Parte de planta:** el módulo de parte de planta es similar al de nombre del insecto, con la diferencia que en este caso primero se pregunta el órgano dañado de la planta. Se selecciona el grupo de insectos que pueden encontrar, para que el usuario escoja luego uno o varios insectos, para mostrar posteriormente las características del insecto.

**Módulo Información general:** en esta parte se presenta un menu que muestra los nombres de los insectos plagas que el sistema posee. Se selecciona uno y el programa presenta una información general del insecto que es complementaria a lo espuesto anteriormente.

**Módulo Ayuda:** hay una sección de ayuda que muestra información que auxilia al usuario a manejar el sistema.

Módulo Terminar: para salir del sistema se selecciona el módulo terminar.

#### 4.2.4.2 Base de Conocimiento

La base de conocimiento se construyó externamente del programa, con el objetivo de facilitar el ingreso de conocimiento por los especialistas que usarían el "shell". Con este propósito se utilizaron dos tipos de base de conocimiento que son: la base de códigos y hechos y la base de hechos.

##### 4.2.4.2.1 Base de Códigos y Hechos

Las bases de conocimiento de códigos y hechos fue construida con DBASE IV. Esta base es compatible con DBASE III PLUS y otros archivos, hechos con manejadores de bases de datos compatibles con DBASE III. Esto se hizo debido a su uso común en América Central.

La base de conocimiento está construida en dos partes: la primera es de hechos y se entiende como palabra o dos palabras que por si sola se explica. Por ejemplo: planta\_grande, picudo y larva. La segunda parte de la base de conocimiento se refiere a códigos que fueron construidos con el objetivo de simplificar una descripción más larga de 20 caracteres; los códigos van relacionados con las base de hechos en ASCII.

Se hicieron tres archivos en DBASE IV: DIAG.DBF, FENOLO.DBF, INFOGENE.DBF; algunos de estos archivos fueron diseñados para aumentar la rapidez de respuesta del sistema.

El archivo DIAG.DBF se diseñó y se construyó con campos que contienen todos los hechos y códigos que el sistema

maneja, por lo que tiene más campos y es el archivo más grande.

Todos los campos son de tipo carácter y el máximo tamaño es de 20 caracteres, en el caso de que se escriba dos o más palabras deben separarse por guión ( \_ ). La tabla contiene los campos contados en esta base de hechos y códigos (Cuadro 4.1). Si el campo es un hecho, entonces continúa en el proceso y si es un código, entonces se busca la información en la base de hechos de tipo texto. Se transforma el código en una descripción amplia.

El archivo FENOLO.DBF solamente tiene un campo que es el de FENOLOGIA. Es igual al descrito en el Cuadro 4.1, pero no repite los hechos como en el archivo anterior. El propósito de este campo es dar rapidez al sistema.

El archivo INFOGENE.DBF también fue hecho para dar velocidad de respuesta al sistema. Los campos que posee son los de FENOLOGIA y ORGANO que son iguales a los descritos en el Cuadro 4.1..

#### 4.2.4.2.2 Base de Hechos

La base de hechos se construyó como archivo ASCII y se hizo con el procesador de palabras WORD5, con el propósito de complementar la información que se da en códigos.

Las descripciones de estos hechos tienen un tamaño no mayor de 20 caracteres y se puede construir con cualquier editor de líneas o procesador de palabras que grabe con formato ASCII.

Cuadro 4.1 Descripción de campos con los que trabaja el "shell".

CAMPO	TIPO	DESCRIPCION
FENOLOGIA	Hechos	Desarrollo fenológico de la planta.
ORGANO	Hechos	Organo dañado de la planta.
FGENE	Hechos	forma general del insecto.
FESPE	Código	Descripción de la forma específica del insecto.
DGENE	Código	Descripción del daño general que hace el insecto a la planta.
DESPE	Código	Descripción del daño específico que provoca el insecto a la planta.
PLAGA	Hechos	Nombre científico del insecto plaga.
ORDEN	Hechos	El Orden del insecto plaga.
FAMILIA	Hechos	La familia del insecto plaga.

Para fabricar un archivo con descripciones se hizo lo siguiente: a) se escribió en la primera línea .pa (punto, p minúscula, a minúscula) ,b) se corto la línea, c) se escribió en el siguiente reglón el código, d) se deja un espacio, e) se escribe el texto con un tamaño máximo de 50 caracteres; este proceso se repite tantas veces como descripciones se tengan; una vez terminado el proceso se corre un programa en lenguaje basic llamado INDEXER.BAS para indizar el archivo quedando listo para ser usado.

Para facilitar la introducción de la información y aumentar la velocidad de respuesta del sistema, se diseño el programa para que trabaje con los archivos FESPE.TXT, DGENE.TXT, DESPE.TXT, INFOGENE.TXT y INFOPLAGA.TXT. Las características de estos archivos se pueden observar en el Cuadro 4.2..

Cuadro 4.2. Descripción de los archivos ASCII con los que trabaja el "shell".

ARCHIVO	DESCRIPCION
FESPE.TXT	Se describe las características de la forma específica del insecto. Aquí se describen los insectos en sus diferentes estados de desarrollo en los que hace daño.
DGENE.TXT	Se describe textualmente las particularidades generales del daño.
DESPE.TXT	Se describe los rasgos específicos del daño general que permite la distinción del insecto en forma individual.
INFOGENE.TXT	Se colocan en este archivo las explicaciones amplias de algunos hechos.
INFOPLAGA.TXT	Se encuentra la información adicional que el sistema provee en forma texto para cada insecto plaga.

#### 4.2.4.3 Interfase con el Usuario

La interfase provee al usuario la manera en que puede comunicarse con el sistema y viceversa, la entrada y salida se ha diseñado para ser fácil su uso.

##### 4.2.4.3.1 Entrada de Información

La manera en que el sistema puede saber las condiciones en las cuales se presentó la plaga, es haciendo preguntas al usuario y dando la oportunidad de escoger dentro de una gama de respuestas (fig. 4.3.). Esto se logra por medio de la presentación de dos menús en la pantalla. El menú de descripción es donde el sistema pregunta y da las posibles respuestas. El menú de selección es donde el usuario puede señalar la opción que él considera acertada.

En el menú de descripción se presentan las preguntas y posibles respuestas. La pregunta aparece en la parte superior de la pantalla y las repuestas aparecen hacia abajo. Las respuestas se componen de dos partes: el código, a la izquierda de la pantalla y el texto a la derecha.

En el menú de selección sólo aparecen los códigos de cada una de las respuestas posibles a la pregunta hecha. Aparecen en el mismo orden que en el menú de descripción. La respuesta puede ser seleccionada y escogida con las teclas de flechas y tecla ENTER o RETURN.

SISTEMA EXPERTO DE DIAGNOSTICO DE PLAGAS		
=====		
SELECCIONE		
INSECTO:	Cuando en el cultivo haya observado sólo el insecto	
DANO :	Cuando en el cultivo haya observado sólo el dano	
INSECTO y DANO:	Cuando en el cultivo se observe ambos	
NOMBRE DEL INSECTO:	Cuando supone la plaga y conoce el Nombre Científico o el nombre comun general (forma general)	
TAXONOMIA:	Cuando se conoce el Orden y Familia del insecto observado	
PARTE PLANTA DANADA:	Si conoce la parte de planta danada y Nombre Científico	
INFORMACION GENERAL:	Sobre plagas	AYUDA: Para el manejo del sistema
INSECTO	DANO	INSECTO y DANO
NOMBRE DEL INSECTO	TAXONOMIA	PARTE PLANTA DANADA
INFORMACION GENERAL	AYUDA	TERMINAR

Fig. 4.3. Pantalla del Menú Principal de Entrada de Información del Sistema Experto.

#### 4.2.4.3.2 Salida de Información

La información de salida (fig. 4.4.) puede ser presentado en la pantalla o en la impresora. Para esto se construyeron varios módulos de salida en donde las variables a las que se le asigna la respuesta puede ser desplegada.

```

                EL INSECTO PLAGA ES:
                Spodoptera frugiperda

Pulse ENTER para continuar

1Help  2Go    3WhatIf  4Variable 5Rule   6Set    7Edit   8Quit
1Help  2How?  3Why?   4Slow   5Fast   6Quit
```

Fig. 4.4. Pantalla de Salida del Sistema Experto.

### 4.3 RESULTADOS Y DISCUSION

El código del programa principal, presentado en los resultados, muestra un programa complejo, pero con un funcionamiento independiente de los programas externos.

El conocimiento de la estructura básica dada por los expertos se encuentra plasmada en el programa, pero el conocimiento específico a cerca de las plagas, que varía de acuerdo al cultivo, se encuentra en la base de hechos y códigos, en un archivo de DBASE IV y en otra base de hechos pero elaborada en un archivo de ASCII, de esta forma se facilita agregar, modificar y sacar el conocimiento que sea necesario.

Debido a que casi no hay "shell" específico para identificación de plagas insectiles, el criterio de comparación se hace muy difícil con los pocos "shell" fabricados, ya que no han sido hechos para este objetivo. Los "shell" se elaboraron en diferentes lenguajes y además son de diferentes manejos.

La manera de inferir la plaga insectil es relativamente corta, ya que el mayor número de preguntas que hace el sistema son siete y el menor son dos. Esto está relacionado con el conocimiento del usuario, entre más conozca menos preguntas hace. Por lo que una limitación como la de no poder retroceder en el menú, no es una dificultad muy grande, porque rápidamente se termina un proceso.

El uso de menús para hacer preguntas y obtener respuesta facilita su utilización, ya que el usuario no pierde el tiempo en aprender el manejo del sistema, sino que se concentra en las preguntas y posibles respuestas que permite el sistema.

El "shell" elaborado en este trabajo, presenta algunas limitaciones: a) el sistema no permite desconocimiento de una de las preguntas que hace cuando intenta identificar una plaga, con excepción del módulo INSECTO, que permite desconocer en que órgano de la planta se encontraba el insecto; b) el sistema de menú no permite retroceder una vez que se haya entrado a un nivel inferior, sino hasta que



termina la identificación; c) la pantalla de menú tiene una capacidad limitada de descripciones , que van desapareciendo en la parte superior si existen otras descripciones que deben aparecer en la pantalla, pero esto lo hace lentamente y el menú de selección permite escoger una descripción que haya desaparecido de la pantalla, por medio del movimiento del cursor hacia arriba de la pantalla; d) la cantidad de plagas en base de hechos determina la velocidad de presentación en el sistema, haciendose más lento cuanto más información se tenga.

Por lo tanto, el sistema tiene que ser evaluado, tratando de hacer un sistema experto para un cultivo específico y evaluar la facilidad de uso del sistema.

Durante el desarrollo del "shell" se observaron algunas limitaciones, como la codificación del programa. Se debió a que el "shell" de diagnóstico de plagas insectiles fue construido con otro "shell" llamado VP-EXPERT, el cual presenta algunas limitaciones con respecto a su programación. Sin embargo, el VP-EXPERT da facilidades para ser usado al construir sistemas expertos y no "shell". Por lo que deben usarse lenguajes de inteligencia artificial para desarrollar el "shell".

#### 4.4 CONCLUSIONES

- 1) La estructura del "shell" funciona para diferentes cultivos.
- 2) No es necesario modificar el programa para ser usado.
- 3) Para la alimentación de conocimiento para fabricar un sistema experto de identificación de plagas insectiles, se utiliza DBASE o compatible y un procesador de palabras que tenga formato ASCII.
- 4) El uso de menús facilita el uso del programa.

## 5. DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO PARA DIAGNOSTICO

### 5.1 INTRODUCCION

El maiz es un cultivo de gran importancia en América Central, ya que es un alimento básico de la población. El manejo de este cultivo debe ser sencillo y eficiente, para que los costos de producción sean bajos y de esta manera, siga siendo un alimento accesible. Dentro de los factores limitantes de la producción se encuentran las plagas y dentro de éstas, una de las más importantes son las insectiles.

Para hacer un buen manejo de las plagas insectiles se necesita, en primer lugar, una correcta identificación del insecto plaga que provoca el daño.

La entomofauna del maiz es amplia y variada, por lo que a veces se hace difícil el diagnóstico correcto y esto trae como consecuencia un manejo inapropiado.

De acuerdo con esta situación, es conveniente tener acceso a personas que sean especialistas en la identificación de plagas insectiles, o a fuentes de información, como bibliográficas, bases de datos y sistemas expertos.

El uso de especialistas sería la forma más adecuada de hacer los diagnósticos. Sin embargo, la presencia de éstos es difícil, por haber escasez de los mismos. Además de ser caro su servicio, se justifica la búsqueda de alternativas que puedan ayudar a la identificación de plagas insectiles de maiz, de manera similar a como lo haría un especialista.

El uso de microcomputadoras con programas que utilizan inteligencia artificial, como los sistemas expertos, podrían

ser una solución al problema planteado. Para esto es necesario contar con base de datos que representen los conocimientos de los expertos.

Este trabajo tiene como objetivo desarrollar la base de conocimiento de un sistema experto para la identificación de plagas insectiles de maíz. Esta base formará el fundamento de la información principal, que junto con un "shell" apropiado hará un sistema experto.

La base de conocimiento se desarrollo con la aplicación de un "shell", especialmente diseñado para elaborar sistemas expertos en plagas insectiles de cualquier cultivo (ver capítulo 4).

## 5.2 MATERIALES Y METODOS

### 5.2.1 Descripción del Programa Usado

El programa utilizado para realizar el presente sistema experto fue un "shell", especializado en sistemas expertos de identificación de plagas insectiles. Por medio de este "shell" se facilita la incorporación de la información, además de traer una estructura de razonamiento lógico determinado, para el diagnóstico de plagas insectiles.

El conocimiento que necesita este "shell", para cada una de las plagas insectiles es: la fenología de la planta en que ataca la plaga, el órgano de la planta atacado, la forma general del insecto, la forma específica del insecto, el daño general y el daño específico hecho por la plaga, el orden y la familia del insecto, así como una corta descripción de su distribución, huéspedes, ciclo de vida, daño, situación de la plaga y su control.

### 5.2.2 Identificación y Selección de Expertos

Los especialistas se buscaron y encontraron en el Proyecto de Manejo Integrado de Plagas, ubicado en el CATIE.

Los expertos seleccionados fueron: Joseph Saunders PhD., Phillip Shannon M.Sc., Ing. Daniel Coto; los cuales han trabajado en el área Centroamericana y el Caribe, con un amplio conocimiento en plagas insectiles de maíz.

### 5.2.3 Selección de las Plagas Insectiles de Maíz

Las plagas que se escogieron para fabricar el sistema experto en maíz, fueron las primarias y las secundarias, además de todas aquellas que los expertos desearon considerar. Para un total de 52 insectos plaga (Cuadro 5.1).

### 5.2.4 Factibilidad

Después de haber seleccionado las plagas insectiles de maíz, se procedió a investigar si era posible obtener el conocimiento que exigía el "shell" para cada una de las plagas a tratar. Se consultó con los expertos y con la bibliografía y se concluyó que era posible.

### 5.2.5 Diseño Conceptual

El diseño conceptual utilizado fue el que pone a disposición el "shell", por lo que se adoptó (fig 4.1.).

Cuadro 5.1 Principales plagas insectiles de maiz de América Central

ACRIDIDAE	Acheta sp	Acromyrmex sp
Agrotis ipsilon	Anomala sp	Araecerus sp
Atta sp	Blissus sp	Cathartus sp
Chaetocnema sp	Chaetopsis sp	Collaria sp
Colopterus sp	Conotelus sp	Crambus sp
Cyrtomenus sp	Dalbulus sp	Diabrotica balteata
Diabrotica porracea	Diabrotica sp	Diabrotica viridula
Diatraea sp	ELATERIDAE	Elasmopalpus sp
Eutheola sp	Eumecosomyia sp	Euxesta sp
Feltia subterranea	Frankliniella sp	Geraeus sp
Heliothis zea	Hylemya sp	Ligyus sp
Listronotus sp	Metachroma sp	Metamasius sp
Mocis sp	Mythimna sp	Neocurtilla sp
Oligonychus sp	Peregrinus sp	Phyllophaga sp
Pococera sp	ROMELAEIDAE	Rhopalosiphum sp
Sathrobrotia sp	Sitophilus sp	Solenopsis sp
Spodoptera frugiperda	TETTIGONIDAE	Tominotus sp
Typophorus sp		

#### 5.2.6 Adquisición de Conocimiento

La información de cada plaga insectil se adquirió a través de entrevistas con los especialistas y con material bibliográfico .

El conocimiento del material bibliográfico fue recopilado y revisado, obteniéndose la información pertinente. Luego se llevó todo ese material a los especialistas para que rechazaran, agregaran y mejoran la información, esto se hizo insecto por insecto.

El conocimiento obtenido tuvo un proceso que consistió en: condensar y codificar la información.

#### 5.2.6.1 Condensación de la Información

La condensación del conocimiento, fue hecha con el propósito de simplificar la información obtenida, para evitar que existiera redundancia. Esto significa que dos plagas insectiles diferentes podían estar causando el mismo daño general, por lo que no es necesario repetir la misma descripción del daño.

#### 5.2.6.2 Codificación de la información

Para asignar el código a las descripciones de forma específica, se tomó como base la forma general, en donde se había asignado un nombre a cada grupo de insectos que fueran similares, por ejemplo Larva. Entonces el código para diferentes descripciones es Larva1, Larva2 y así sucesivamente, hasta completar todas las descripciones.

Para el caso del daño general se uso DG, más un número que corresponde a un agrupamiento de los daños generales y una letra que la caracteriza dentro del agrupamiento; un código podría ser DG7B. Este código indica que es daño general, que está dentro del grupo siete y corresponde, dentro de ese grupo, al segundo daño.

Los códigos de los daños específicos se hicieron colocando las letras DE, un número y una letra que son los mismos del código del daño general y un número que identifica al daño específico. Por ejemplo DE7B3, significa que es un daño específico, corresponde al séptimo grupo de daño general, es el segundo de ese grupo y el tercero del daño específico.

### 5.2.7 Representación del Conocimiento

El conocimiento obtenido se representó como reglas y marcos, sin embargo, éstas fueron facilitadas por el "shell" utilizado (Cuadro 4.1.).

### 5.2.8 Verificación del Sistema

Después de las bases de hechos y códigos, se trabajó el sistema experto, el cual se revisó para evitar errores. Posteriormente, se le presentó al especialista quien controló todas las alternativas de identificación, corrigiendo, agregando y quitando información que él consideraba importante.

Al final, el sistema quedó a satisfacción del experto que verificó el sistema.

### 5.2.9 Evaluación del Sistema

La evaluación la realizó otro experto. Esto es similar a la verificación, pero en este caso el experto da su criterio a partir de lo que ya estaba verificado.

El nuevo experto puede estar en desacuerdo con algún criterio encontrado, entonces se trata de conciliar el conocimiento, enfrentando a los dos expertos para que lleguen a un mutuo acuerdo. En caso de no ser así, se agrega el nuevo conocimiento al sistema.

Se realizó para cada una de las plagas insectiles que el sistema considera. De esta manera se dio más validez al sistema y se agregó más conocimiento.

### 5.3 RESULTADOS

Como resultado se tiene el conocimiento de las características diferenciales de cada uno de los insectos plagas de maíz, la información se encuentra estructurada de igual manera a la que se encuentra en el sistema experto.

#### 5.3.1 Insectos Plagas de Maíz y sus Características

La información que se presenta fue obtenida de los expertos y la bibliografía sobre plagas insectiles de maíz en Centro América. Esta fue adecuada y codificada para ser usada por el "shell" de diagnóstico de plagas insectiles. Esta información tomó en cuenta las diferentes circunstancias en que aparece el insecto plaga. Un ejemplo es la siguiente:

*Acheta\_sp*

Orden=ORTHOPTERA familia=GRILLIDAE forma general=GRILLO

Desarrollo del cultivo=GERMINACION Parte atacada=SEMILLA

Forma Específica:

GRILLO2 Patas sencillas.

Daño General

DG1B No Emerge

Daño Específico

DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

#### 5.3.2 Estados Fenológicos que se Usaron en Maíz

- 1) GERMINACION
- 2) PLANTULA
- 3) PLANTA GRANDE



### 5.3.3 Organos de la Planta Dañados por los Insectos Plagas

- 1) RAIZ
- 2) TALLO
- 3) HOJAS Y COGOLLO
- 4) MAZORCA

### 5.3.4 Ordenes de Insectos y Acaros Plagas de Maiz

ACARINA	HOMOPTERA
COLEOPTERA	HYMENOPTERA
DIPTERA	LEPIDOPTERA
HEMIPTERA	ORTHOPTERA
	THYSANOPTERA

### 5.3.5 Familias de Insectos y Acaros Plagas de Maiz

ACRIDIDAE	GRYLLOTALPIDAE
ANTHOMYIIDAE	LYGAEIDAE
ANTHRIBIDAE	MIRIDAE
APHIDIDAE	NITIDULIDAE
CHRYSOMELIDAE	NOCTUIDAE
CICADELLIDAE	OTITIDAE
COSMOPTERIGIDAE	PYRALIDAE
CUCURLIONIDAE	ROMELIDAE
CIDNIDAE	SCARABAEIDAE
DELPHACIDAE	SILVANIDAE
ELATERIDAE	TETRACHINYDAE
FORMICIDAE	TETTIGONIDAE
GRILLIDAE	THRIPIDAE

### 5.3.6 Formas Generales de los Insectos Plagas de Maíz.

ACARO	GRILLO
AFIDO	HORMIGA
CHAPULIN	LARVA
CHINCHE	PICUDO
ESCARABAJOS	SALTAHOJA
GORGOJO	TRIPS
	ZOMPOPO

### 5.3.7 Descripciones de Forma Especifica de los Insectos Plagas de Maíz

El conocimiento sobre la forma especifica del insecto plaga codificado y condensado, avalado por los expertos es el siguiente:

LARVA1 Con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento, formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verdes y negras, grandes, café gris, canela o verde oliva.

LARVA2 Blancas con puntos negros o café y de hasta 20-25 mm de largo

LARVA3 Medidoras amarillo y café, rayadas, la cabeza con líneas negras.

LARVA4 Pálidas o blancas, pequeñas sin patas, cabeza café.

LARVA5 Pequeñas, sin cápsula de la cabeza, cuerpo alargado

LARVA6 Con cabeza anaranjada, la región anal hendida de forma de V o Y, cuerpo gordo en forma de C

- LARVA7 Con cabeza café, la región anal hendida de forma semicircular o transversal, cuerpo gordo en forma de C.
- LARVA8 Amarillo café, cuerpo duro brillante y alargado.
- LARVA9 Delgada, color cremoso pálido o blancuzco, cabeza café, placa esclerotizada sobre el último segmento, hasta 10 mm de longitud.
- LARVA10 Delgadas blancas o amarillas, sin patas y sin cabeza.
- LARVA11 Pequeñas, color púrpura, se mueven mucho.
- LARVA12 Cuerpo con líneas longitudinales continuas blancas, cuerpo pequeño, color púrpura, se mueve mucho
- LARVA13 Gris negro o café negro, brillante con puntos negros.
- LARVA14 Gris opaco, con marcas V de color más claro en el lomo.
- LARVA15 Pequeñas, café gris, cabeza negra, se contorsiona cuando se molestan.
- LARVA16 pequeñas, rosado pálido translúcido.
- LARVA17 Verdes, amarillas o rosado gris, pueden ser multicolores, tubérculos negros.
- LARVA18 Gris, con la cabeza moteada de café claro a beige con rayas longitudinales color café.
- LARVA19 Pequeñas, color crema, junto con gorgojos café o negro aplastados, ovoides, lisos brillantes.
- ESCARABAJOS1 Negros brillantes, pequeños, saltarines de 2mm de largo.

ESCARABAJOS2 Negros, de forma ovoide de 11-16 mm de largo  
(se presentan en Mayo-Julio).

ESCARABAJOS3 Amarillo paja con manchas redondas negras sobre  
la cabeza y 5 mm de largo. Ninfas color blanco  
amarillento Verdes con bandas transvesales amarillas.

ESCARABAJOS4 Verdes, con marcas café rojizo y amarillo.

ESCARABAJOS5 Verdes, con manchas longitudinales amarillas  
en los elitros.

ESCARABAJOS6 Amarillos, con marcas café.

ESCARABAJOS7 Negro brillante, ovalado a redondo, de 5mm de  
largo.

ESCARABAJOS8 Café oscuro brillante o negro, alargado.

CHINCHE1 Café brillante o rojo, café brillante con el  
abdomen blancuzco, con placas horizontales o puntos  
esclerotizados entre 2-7 mm, o café negro brillante  
con patas espinosas, tamaño 7-10 mm.

CHINCHE2 Pequeños (5mm), blanco con negro y una forma de X  
en el dorso. Las ninfas son de color gris o rojo  
brillante.

CHINCHE3 Café negro, pequeños (7-9 mm) y elongados y  
patas largas.

CHINCHE4 Café brillante o café negro brillante con patas  
espinosas y tamaño de 5mm.

PICUDO1 Grande (10-15 mm), negro y con manchas café y  
naranja.

PICUDO2 Gris, pequeño, elongado y larvas blancuzcas  
dentro del grano seco y polvoso.

PICUDO3 Pequeños, café grisáceo.

SALTAHOJA1 Amarillo paja, con manchas redondas negras sobre la cabeza y 5 mm de largo. Ninfas color blanco amarillento

SALTAHOJA2 Color gris blanco o arenoso pálido, con alas transparentes con moteado café negro.

GORGQJ01 Café o negros, aplastados, ovoides, lisos brillantes, pequeños, junto a larvas color crema.

GORGQJ02 Adultos pequeños redondos, café opaco y larvas dentro del grano

GORGQJ03 Pequeños, café brillante, alargados en granos maduros y secos.

GRILLO1 Patas delanteras en forma de garras.

GRILLO2 Patas sencillas.

CHAPULIN1 Grandes patas traseras saltarinas y antenas cortas.

CHAPULIN2 Grandes patas traseras saltarinas y antenas largas.

HORMIGA1 Color negra.

ZOMPOPO1 Café rojizo.

TRIPSI1 Amarillo verdoso pálido.

ACARO1 Rojo y de rápidos movimientos.

AFIDO1 Verde gris a verde azulado, se encuentra en colonias

### 5.3.8 Descripciones del Daño General que hacen los Insectos Plagas en Maíz

El conocimiento del daño general que hacen las plagas insectiles al maíz, simplificado, codificado y rectificado por los expertos es el siguiente:

DG1A No Germina

DG1B No Emerge

DG2A ¿Las plántulas se pueden encontrar marchitas y se pueden desenraizar fácilmente al halarlas, a veces las hojas son rojo púrpura, pocas raíces presentes

DG3A ¿Cortadura cercana a la superficie del suelo, la parte superior de la planta tirada sobre el suelo, a veces parcialmente comida, la semilla y la raíz intactas ?

DG3B ¿Con corazón muerto y/o enanas con brotes en la base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?

DG3C ¿Tallo dañado pero sin corazón muerto ?

DG3D ¿ Se encontró el tallo cortado, destrozado o arrancado y consumido.?

DG4A ¿Agujeros de todos los tamaños que no están confinados al cogollo; defoliación total en caso de ataque fuerte?

DG4B ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas blancuzcas o ventanas?

DG5A ¿ Las plantas pueden estar acamadas con la raíces reducidas o destruidas ?

- DG5B ¿ Las plantas con las hojas marchitas a veces, cloróticas o decoloradas, la base del tallo decolorada?
- DG6A ¿ Tallos perforados o carcomidos ?
- DG7A ¿ Hojas cortadas pero sin agujeros ?
- DG7B ¿ Agujeros o bordes irregulares, mal cortados de las hojas y/o las plantas enteras pueden estar defoliadas ?
- DG7C ¿Las hojas con pequeños parches blancuzcos y punteados?
- DG7D ¿ Hay hojas cloróticas y amarillentas ?
- DG7E ¿ Las hojas superiores pegajosas y pueden estar ennegrecidas ?
- DG8B ¿ Granos dañados en la mazorca y/o el corazón minado y las hojas que envuelven la mazorca sin daño aparente ?
- DG8C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

### 5.3.9 Descripciones del Daño Específico que hacen los Insectos Plagas en Maíz.

El conocimiento sobre daño específico que hacen las plagas insectiles al maíz, simplificado, rectificado y codificado es el siguiente:

- DE1A1 ¿La semilla está comida y seca, dejando cascaritas?
- DE1A2 ¿La semilla tiene endosperma húmedo y está barrenado o perforado?
- DE1A3 ¿La semilla se encuentra podrida ?

- DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?
- DE1B2 ¿ Radícula de la semilla comida ?
- DE3B1 ¿ El tallo se deforma y abre o raja, puede haber un agujero pequeño a nivel del suelo ?
- DE3B2 ¿ La base del tallo teñida de café y/o las hojas marchitas y/o cloróticas ?
- DE3B3 ¿ Los tallos barrenados y/o un agujero al nivel del suelo con tela y excremento adjunto?
- DE3B4 ¿ Pudrición aguada del interior del tallo con o sin presencia de larvas, sin el tallo rajado ?
- DE3C1 ¿ Hay hojas recientemente abiertas con línea(s) transversal(es) perforadas y/o agujero a nivel del suelo con telaraña y partículas del suelo pegadas ?
- DE3C2 ¿ Las hojas del cogollo perforadas hasta el tallo y las hojas expandidas con agujeros irregulares, a veces alargados y/o agujeros pequeños confinados al cogollo interior ?
- DE3C3 ¿ El tallo se encuentra barrenado o perforado ?
- DE4B1 ¿ Las hojas con marcas blancuzcas, la mayor parte cerca de la punta, que puede aparecer quemada; las hojas menores son afectadas primero ?
- DE4B2 ¿ Las hojas con área del mesófilo carcomido por debajo, dejando ventanas transparentes sobre la epidermis superior y/o las hojas perforadas o esclerotizadas ?
- DE4B3 ¿ Las hojas con marcas blancuzcas generalizadas y hojas de color verde pálido ?



- DE5A1 ¿ Las raíces más grandes están llenas de pequeños agujeros, hay proliferación de raíces finas y/o podridas de color café oscuro ?
- DE5A2 ¿ Las raíces comidas y cortadas ?
- DE5A3 ¿ Hay pequeños agujeros taladrados en las raíces mayores y en la base del tallo ?
- DE5B1 ¿ Las hojas pueden estar marchitas si el ataque es tardío (entre de 30-40 días)?
- DE6A1 ¿ Tallos perforados, hay galerías dentro de los entrenudos y/o la parte de arriba de la planta y/o la flor pueden estar muertas ?
- DE6A2 ¿ Tallos quebrados en la superficie del suelo; galería corta, carcomida en la base del tallo, puede causar corazón muerto y proliferación de hijos ?
- DE6A3 ¿ Plántulas cortadas por debajo del nivel del suelo?
- DE7A1 ¿ Existen grandes áreas irregulares comidas en las hojas maduras, a veces solo permanece la nervadura central ?
- DE7A2 ¿ Las hojas están cortadas en secciones semi circulares y puede ser que solo la nervadura central permanezca ?
- DE7B1 ¿ Grandes área de las hojas del COGOLLO comidas y presentan agujeros grandes irregulares, hay mucho excremento ?
- DE7B2 ¿ Agujeros irregulares con bordes mal cortados, en las hojas no hay excremento y/o la planta puede estar defoliada ?

DE7D1 ¿ Las hojas cloróticas y presencia de telarañas sedosas ?

DE7D2 ¿ Las hojas del cogollo amarillentas y/o el crecimiento retardado ?

DE7D3 ¿ Las bases de las hojas cloróticas y/o plantas achaparradas ?

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos  
Por favor pulse la tecla ENTER

#### 5.4.DISCUSION

EL sistema experto para el diagnóstico de plagas insectiles en maíz, fue realizado para obtener el conocimiento de todas las plagas insectiles propuestas.

El mayor trabajo se concentró en la adquisición del conocimiento, específicamente en las relaciones de las características de cada plaga, debido a las diferentes formas de interpretación que puede darse a cada descripción, por lo que se tuvo que ser lo más claro y universal posible.

También, hubo que modificar constantemente la metodología de adquisición de la información, tratando de sacar la mayor cantidad de información del experto, en el menor tiempo posible ya que los especialistas son personas muy ocupadas y se trata de quitarles el menor tiempo, para estar consultando con más frecuencia.

La codificación es relativamente fácil una vez que se tiene el material condensado. Los códigos pueden ser colocados sin problema y de la manera que se quiera, sin embargo, se observó que era necesario tomar algún patrón para facilitar el manejo de los códigos.

La representación del conocimiento se limitó a construir las bases de hechos y códigos con el administrador de la base de datos DBASE IV y hacer los archivos ASCII con el procesador de palabras WORD. El uso del "shell" simplificó este paso.

Tanto la verificación como la validación, jugaron un papel importante en la calidad y precisión de la información, ya que la observación del comportamiento del sistema, por parte de los expertos, condujo a eliminar errores que el sistema poseía.

Sin duda alguna, el uso del "shell", así como la correcta selección de los especialistas y la metodología, facilitan la construcción de sistemas expertos para la identificación de plagas insectiles.

## 5.5 CONCLUSIONES

- 1) El sistema experto de diagnóstico de plagas insectiles de maíz, puede identificar 52 insectos plagas diferentes
- 2) El uso del "shell" facilitó la construcción del sistema experto de diagnóstico de plagas insectiles de maíz.
- 3) Basado en la observación, el uso de menús, facilita la utilidad del sistema.
- 4) La experiencia de los expertos, disminuyó el tiempo en la adquisición del conocimiento.

## 6. COMPARACION DEL SISTEMA EXPERTO VERSUS SISTEMA MANUAL

### 6.1 INTRODUCCION

Sin duda alguna, el diagnóstico de plagas insectiles es importante en el proceso de manejo integrado de plagas, debido a que, sin identificar exactamente el agente causante del daño, no es posible hacer una recomendación adecuada del manejo de la plaga.

Existen algunas maneras de hacer un diagnóstico, puede ser desde la simple observación de campo, hasta un análisis complejo de laboratorio. Sin embargo, se está en la búsqueda de formas que sean más rápidas, eficientes y confiables. Para ello es necesario comparar métodos de diagnóstico, para probar cuál tiene las características que convienen a nuestros requerimientos.

Por lo tanto, el propósito del estudio es comparar dos métodos de diagnósticos. El primer método es usando el "libro guía" "Las plagas invertebradas de los cultivos anuales en América Central". Desde su publicación se ha convertido en un manual de consulta popular, por los técnicos extensionistas e investigadores del área Centroamericana, por lo que es muy representativo. El otro método es el sistema experto desarrollado como parte de esta investigación, para el diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central. El sistema aún no ha sido usado, por lo que se hace necesario probarlo antes de que se recomiende su utilización. En consecuencia la finalidad del presente trabajo fue probar cuál método es mejor para diagnosticar plagas insectiles de maíz.

## 6.2 MATERIALES Y METODOS

### 6.2.1 Variables y Diseño Estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos tratamientos y 18 repeticiones.

El análisis de varianza corresponde a la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

$\mu$  = media de la población

$T_i$  = efecto de tratamiento

$B_j$  = efecto del bloqueo

$e_{ij}$  = efecto del error

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1) Libro "Plagas invertebradas de Centro América"
- 2) Sistema Experto para diagnóstico de plagas insectiles de maíz en América Central.

La unidad experimental fueron doce casos de diagnósticos reales diferentes por tratamiento y repetición. La repetición fue una persona.

Las variables que se midieron fueron:

- 1) Número de aciertos
- 2) Porcentaje de aciertos
- 3) Tiempo de respuesta en minutos
- 4) Número de aciertos / Tiempo de respuesta

### 6.2.2 Proceso de Toma de Datos

Las repeticiones se escogieron dentro de las personas que se encuentran en el Proyecto de Manejo Integrado de Plagas, con la característica de que conozcan de plagas pero que no se consideren especialistas en entomología.

Las muestras que se utilizaron para hacer los diagnósticos fueron escogidas en el campo por los expertos; luego se recolectaron y trajeron al laboratorio, para ser nuevamente seleccionadas por los expertos, utilizando en el ensayo, las muestras de insectos y daño más características.

Las muestras para cada tratamiento se dividieron en tres grupos: a) Insecto, donde se mostraba sólo el insecto y se daba información adicional, b) Daño, se mostraba sólo el daño y se dio información adicional, c) Insecto y daño, se mostraba el insecto y el daño y se daba información adicional. La información adicional que se entregaba era referente al estado fenológico de la planta y el órgano de la planta atacado. Cada grupo era formado por cuatro muestras, en total doce muestras para cada tratamiento, que se mezclaron al azar.

En el ensayo, cada repetición (persona) hizo los dos tratamientos que eran dados al azar. Antes de comenzar se les explicaba en forma general el experimento y se hacía un diagnóstico por tratamiento que fue igual para todas las personas. El tratamiento "libro" era usado sin restricciones; mientras que el sistema experto era manejado por la misma persona en todos los casos, para evitar el sesgo por habilidad de manejo de la computadora. Sin embargo, la persona que manejaba la computadora obedecía fielmente las ordenes de que daba cada repetición sin opinar en ningún caso.

Antes de iniciar la prueba se colocaban las muestras sobre una mesa. No se permitía que el participante observara y cuando terminaba un tratamiento, se le pedía que saliera cinco minutos para cambiar las muestras del siguiente tratamiento, cada muestra siempre estuvo en el mismo lugar de la mesa. Cuando se utilizaba el "libro" se le daba a cada participante una hoja de respuestas, mientras que con la computadora se imprimieron los resultados. Al iniciar la prueba se tomó el tiempo con un cronómetro, hasta que se hicieron los doce diagnósticos. El número de aciertos se determinó calificando las hojas de respuestas. Las demás variables fueron calculadas a partir de estas dos últimas.

Los datos de la muestra se ingresaron a la computadora con el programa Lotus 123 y se analizaron con el programa estadístico SAS.

### 6.3 RESULTADOS

El análisis de varianza de los factores en estudio mostró los siguientes resultados. En el Cuadro 6.1, se muestra que hubo diferencias significativas en las variables: porcentaje de aciertos, tiempo en minutos y la relación aciertos/tiempo.

La prueba de medias mostró que existe diferencia significativa entre el sistema experto y el "libro guía" (ver Cuadro 6.2.). En la figura 6.1. se muestra que el sistema experto es mayor en porcentaje de aciertos y la relación aciertos/tiempo que el "libro guía".

En la figura 6.1, se observa también que el tiempo, usando el sistema experto, es menor que el "libro guía". Además, se encontró que el coeficiente de variación del sistema experto es menor al del "libro guía".

Cuadro 6.1. Probabilidades y significancias de las variables analizadas en la comparación de los métodos de diagnóstico.

VARIABLES	F calculada	Pr>F	Signif.
Porcentaje de aciertos	12,75	0,0024	**
Tiempo de respuesta	41,61	0,0001	**
No aciertos / Tpo resp	55,39	0,0001	**

\*\*= Altamente significativa

Cuadro 6.2. Comparación de medias del sistema experto y "libro guía" con la prueba de Tukey al 5%, para diferentes variables

VARIABLES	"libro guía"	Sistema Experto
Porcentaje de aciertos	75,93 B	92,59 A
Tiempo en minutos	38,76 A	19,43 B
Aciertos/tiempo	0,26 B	0,60 A

Letras iguales no son significativamente diferentes

#### 6.4 DISCUSION

En el Cuadro 6.2, se muestra la ventaja del sistema experto sobre el "libro guía". En el caso del porcentaje de aciertos, el sistema experto tiene un 92,59 % contra el "libro guía" que posee un 75,93 %. Esto es particularmente interesante debido a que uno de los participantes de la creación del "libro guía", es la misma persona que propocionó su conocimiento al sistema experto. Lo que hace pensar que no debería haber diferencia entre los dos métodos, ya que el conocimiento es similar y si agregamos que el sistema experto tuvo como base el "libro guía", esto lo comprobaría. Sin embargo, el "libro guía" tiene una diferencia de cinco años de publicación con respecto al desarrollo del sistema experto. La importancia radica en la



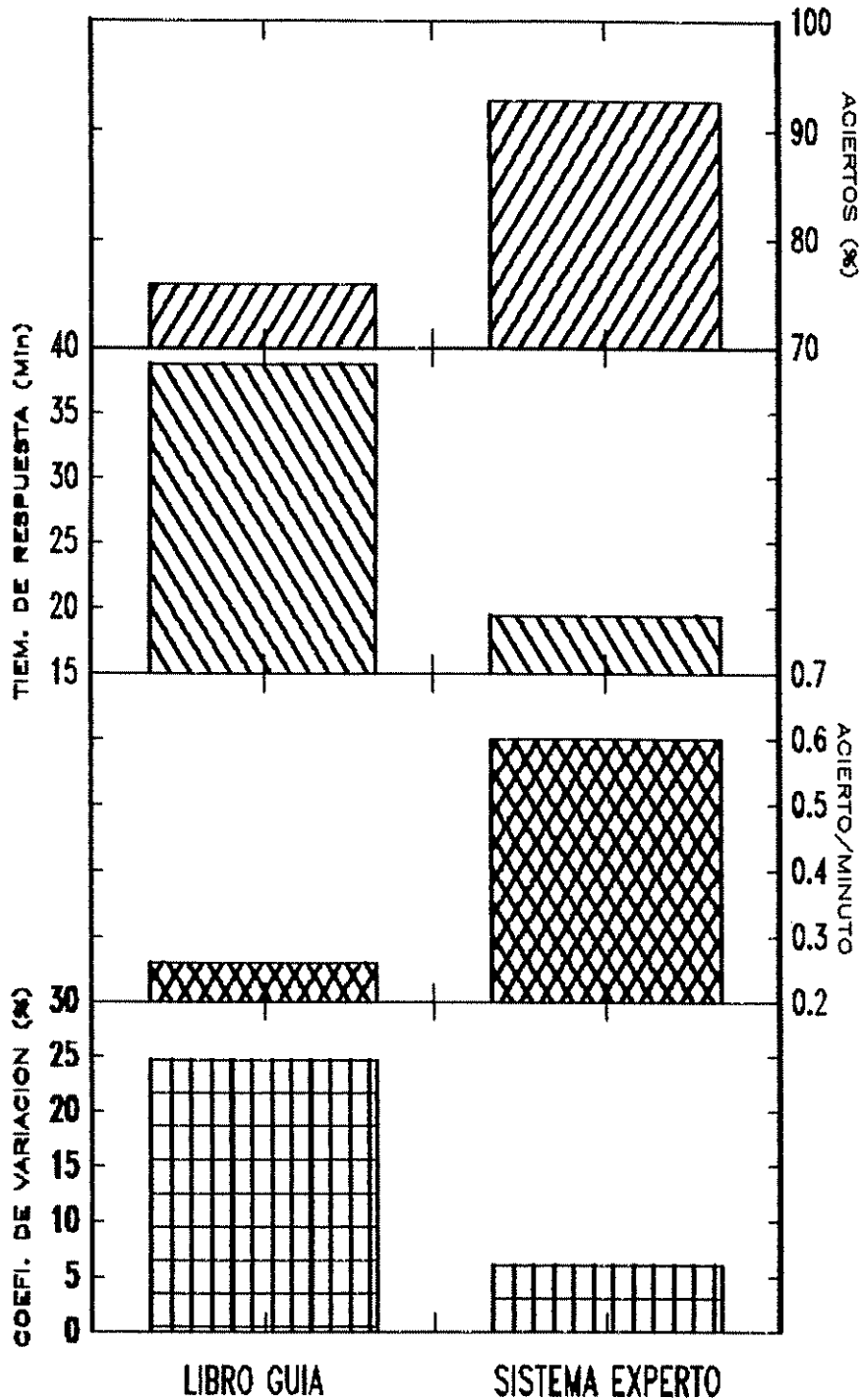


Fig. 6.1. Comparación entre dos métodos de diagnóstico en relación a las variables: Aciertos, Tiempo de respuesta, Aciertos por Minuto, y Coeficiente de Variación.

acumulación de más experiencia por parte del experto, así como la asimilación y comprensión de las dificultades que el "libro guía" presenta y que no se cometieron al crear el sistema experto. Por otro lado, además del conocimiento del experto principal, se agregó conocimiento adicional de dos expertos más, que también verificaron el conocimiento del experto principal. Por lo tanto, el conocimiento que posee el sistema experto está presentado de forma más clara y fácil de entender que el "libro guía". Lo que es evidente con los resultados obtenidos.

El tiempo es otra variable en donde se observa diferencia significativa entre los tratamientos. La media para el sistema experto es de 19,43 minutos, siendo menor que el "libro guía" que tiene una media de 38,76. La comparación entre el sistema experto y el "libro guía", con respecto al tiempo tiene, sentido si se piensa como una comparación mecánica de búsqueda de la información, en donde la computadora y el sistema experto se conjugan para encontrar las respuestas más rápidamente que si se hiciera manualmente, como en el caso del "libro guía". Esto ha sido probado ya con el uso de bases de datos, que han mostrado sus bondades al facilitar la búsqueda de información en forma muy rápida.

La relación entre el número de aciertos por tiempo es importante, ya que de esta manera se puede observar con mayor claridad la ventaja del sistema experto sobre el "libro guía". Se puede encontrar un sistema rápido pero con pocos aciertos o viceversa, que sin la relación aciertos por tiempo, se dificultaría explicarla. Sin embargo, está clara la ventaja del sistema experto al observar la media de 0,60 aciertos por minuto, contra 0,26 aciertos por minuto del "libro guía" que representa una eficiencia de 230% del sistema experto. Otra observación importante es el Coeficiente de Variación, en donde el sistema experto tiene

un valor de 6,1% y el "libro guía" 24,7%, mostrando una tendencia a las respuestas más lejana de la media, en el caso del "libro guía" y mucho más cercanas de la media, en el caso del sistema experto. Una posible explicación a este fenómeno puede darse en la especificidad del sistema experto, ya que sólo posee conocimiento de plagas insectiles de maíz y el "libro guía" posee conocimiento de plagas insectiles de más cultivos, permitiendo que el usuario tenga más posibilidades de distracción y selección cuando hace la búsqueda. Esto no sucede con el sistema experto, dando más posibilidades de acertar, bajando el coeficiente de variación.

### 6.5 CONCLUSIONES

- 1) Se puede diagnosticar plagas insectiles de maíz con el sistema experto de diagnóstico.
- 2) El sistema experto de diagnóstico de plagas insectiles de maíz es mejor, significativamente, que el uso del "libro guía", con respecto al porcentaje de aciertos, en tiempo de respuesta y la relación número de aciertos sobre el tiempo de respuesta.
- 3) Basado en la observación, los aciertos en el diagnóstico dependen de la calidad y la claridad en que están expuestos los conocimientos.
- 4) El tiempo que se tarda un diagnóstico depende del método de búsqueda, siendo mejores los métodos mecánicos como la computadora, comparándola con el libro, especialmente cuando los volúmenes de información son grandes.
- 5) Existe la posibilidad de que los sistemas expertos de diagnósticos de plagas puedan servir para otros cultivos.

## 7. ESTUDIO DE LA FACILIDAD DE USO DEL SHELL DE DIAGNOSTICO DE PLAGAS INSECTILES EN DIFERENTES NIVELES ACADEMICOS

### 7.1 INTRODUCCION

El uso de programas de computación ayudan a elaborar trabajos con más facilidad y con menos esfuerzo, que haciéndolos en forma manual. Por supuesto, esto es cierto siempre y cuando la herramienta esté adecuada al trabajo que se quiere realizar, por otro lado, al diseñar las herramientas se debe tomar en cuenta factores como facilidad de uso, estructura adecuada a los propósitos, etc.. La manera de saber que una herramienta sirve a nuestros propósitos, es sometiéndola a prueba de algún factor que interese.

Los Sistemas Expertos pueden crearse utilizando un lenguaje como PROLOG o LISP, que son lenguajes usados en inteligencia artificial y adecuados para este propósito; aunque es posible hacerlos con otro lenguaje. La forma más fácil de elaborar un sistema experto es usando un "shell", que es en sí un sistema experto con una estructura o "esqueleto" determinado en forma general; además no tiene conocimiento incorporado, lo cual ayuda a elaborar el sistema experto y facilita el manejo de la información específica.

La creación de un "shell" es conveniente cuando se tiene gran cantidad de conocimiento diferente, pero que se puede adecuar a un patrón común de razonamiento. Esta herramienta puede ser utilizada con bastante frecuencia, por lo que se requiere estar seguro de que funcione adecuadamente para los propósitos que fue diseñado. Por lo tanto, se pretende con este estudio, evaluar el nivel

académico del usuario de un "shell" creado para el Diagnóstico de Plagas Insectiles de América Central.

Con las respuestas encontradas en esta evaluación, se tendrá como finalidad recomendar las correcciones necesarias para ajustar el "shell" al uso que se requiera.

## 7.2 MATERIALES Y METODOS

### 7.2.1 Variables y Diseño Estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y cinco repeticiones. El análisis de varianza corresponde al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

$u$  = media de la población

$T_i$  = efecto del tratamiento

$B_j$  = efecto del bloqueo

$e_{ij}$  = efecto del error

Los tratamientos fueron los siguientes:

- 1) Secretaria.
- 2) Auxiliar de laboratorio.
- 3) Extensionista.
- 4) Técnico medio (Ingeniero o Licenciado).

5) Técnico medio que conoce de plagas (Ingeniero o Licenciado).

6) Master (M.Sc.).

7) Doctor (PhD).

Como se observa, los tratamientos son grados académicos y de especialización. La unidad experimental la formaron 10 casos hipotéticos a diagnosticar por persona.

Las variables que se midieron fueron.

1) Número de aciertos

2) Porcentaje de aciertos

3) Tiempo de respuesta en minutos

4) Número de aciertos / Tiempo de respuesta

5) Facilidad en una escala

a) 1= Muy fácil

b) 2= Fácil

c) 3= Regular

d) 4= Difícil

e) 5= Muy difícil

### 7.2.2 Proceso de Toma de Datos

Las personas de cada tratamiento se escogieron al azar, pero ellas decidieron la hora y el día en que asistirían. La prueba consistió en dar a cada persona 12 hojas de papel con una secuencia de diagnóstico cada una, omitiendo la respuesta. Luego, se le explicó que debería

seguir la secuencia escrita en cada hoja, e inmediatamente se hacía una práctica. En seguida se iniciaban hacer los diagnósticos hipotéticos, tomándose el tiempo con un cronómetro y observando la secuencia en que se hacía. Al llegar a la respuesta, se anotaban los aciertos y los errores. El cronómetro se detenía cuando se hacía el último diagnóstico.

Los datos se ingresaron a la hoja electrónica del programa Lotus 123 y se analizaron con el programa estadístico SAS.

### 7.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los análisis de las variables número de aciertos, porcentaje de aciertos, tiempo de respuesta en minutos, facilidad en una escala y número de aciertos / tiempo de respuesta se presentan en Cuadro 7.1.

Este cuadro se observa que la variable Facilidad es la única que tiene diferencias significativas entre los niveles de educación. Para las otras variables, el comportamiento de los niveles académicos no mostró diferencias entre ellas.

Cuadro 7.1. Probabilidades y significancias de las variables evaluadas, como resultado del análisis de varianza en el estudio de facilidad de uso.

VARIABLES	F calculada	Pr>F	Significancia
Número de aciertos	0,90	0,5137	NS
Porcentaje de aciertos	0,90	0,5137	NS
Tiempo de respuesta	0,45	0,8343	NS
Facilidad	5,39	0,0012	**
No aciertos / Tpo resp	0,29	0,8790	NS

NS= No significativa

\*\*= Altamente significativa

La prueba de Tukey muestra que existen diferencias significativas, entre las opiniones del Técnico medio y las secretarías extensionistas y los técnicos medios que conocen de plagas. Para los Master, Doctores y auxiliares de laboratorio no se encontró diferencia significativa, como se observa en el Cuadro 7.2.

Cuadro 7.2. Comparación de medias de Facilidad, con una prueba de tukey al 5 % de probabilidades de error.

Tratamiento	Media	Grupo
Técnico medio (Ingeniero o Licenciado)	2,0	A
Master ( MSc )	1,6	A B
Auxiliar de laboratorio	1,4	A B
Doctor (PhD)	1,4	A B
Secretaria	1,2	B
Extensionista	1,0	B
Técnico medio conoce plagas (Ingeniero o Licenciado)	1,0	B

Letras iguales no son significativamente diferentes.

#### 7.4 DISCUSION

Los análisis de todas las variables, con excepción de facilidad, no mostraron diferencias significativas. Esto se debe a que la estructura del "shell" ayuda a que el usuario independientemente de su nivel académico sea capaz de seguir una secuencia de preguntas y respuestas planteadas por el programa. Además, es posible por la interacción que tiene el "shell" con el usuario, a través la utilización de menús, que ante una pregunta planteada, muestra todas las posibles respuestas que el Sistema Experto es capaz de responder, por lo que se hace difícil cometer un error. En consecuencia, los aciertos y el tiempo son similares para los diferentes niveles académicos.



La variable Facilidad es subjetiva, dependió del criterio personal de cada una de las personas que participó en el experimento. Por eso, es razonable pensar que las diferencias significativas que hubo, tanto en el nivel académico como en las repeticiones, es debido a las diferencias que hay entre cada participante. Sin embargo, la diferencia se encontró dentro de la respuesta fácil (calificación 2.0) y muy fácil (calificación 1.0); solamente los técnicos medios (Ingeniero o Licenciados) encontraron fácil el uso del "shell", el resto de los niveles académicos lo hallaron muy fácil o indecisos entre fácil y muy fácil. Generalizando se puede asumir que el uso del "shell" es fácil y con un poco de práctica llegaría a ser muy fácil para todos los niveles educacionales, ya que no hubo opiniones en contra del uso del "shell".

#### 7.5 CONCLUSIONES

- 1) El uso del "shell", para hacer Sistemas Expertos en diagnósticos de plagas insectiles para cualquier cultivo, es independiente del nivel académico que tengan los usuarios, dentro del rango estudiado.
- 2) La interacción del "shell" con el usuario por medio de menús, facilita el aprendizaje de manejo.
- 3) El "shell" se considera fácil de usar.

## 8. DISCUSION Y RECOMENDACIONES GENERALES

### 8.1 DISCUSION GENERAL

La presente experiencia está compuesta por cuatro trabajos individuales e independientes, pero íntimamente relacionados.

En la actualidad no se han realizado estudios de este tipo en Centro América y Panamá. Por lo que se convierte en un trabajo importante al ser pionero en el campo de la aplicación de la técnica de inteligencia artificial a la agricultura.

El primer paso fue básicamente el desarrollo de una herramienta llamada "shell". Es interesante observar que el "shell" contiene la estructura del razonamiento del especialista, empleado en el diagnóstico de plagas insectiles para cualquier cultivo. La sistematización permite entonces crear diferentes sistemas expertos para el diagnóstico de plagas, sin tener que hacer nuevamente programas complicados.

El segundo paso fue la aplicación del "shell", al construir un sistema experto para la identificación de plagas insectiles de maíz en Centro América. Con la elaboración del sistema experto se probó que el "shell" funciona. El sistema experto desarrollado contiene 52 plagas insectiles de maíz y los libros reportan por lo general, menos de diez insectos plagas como las más importantes. Se

demuestra entonces que el sistema experto puede manejar mucho más información.

Es importante señalar que el aporte del conocimiento fue hecho por tres especialistas en entomología. La participación de estos entomólogos garantiza la disminución de errores.

El manejo de los programas siempre ha sido difícil. Sin embargo, existe la tendencia por parte de los programadores, de construir programas amigables. Es decir que faciliten su utilización. El "shell" se construyó pensando en que fuera fácil.

El tercer paso consistió en probar si el "shell" facilitaba su uso. Los resultados mostraron que no hubo diferencias entre los distintos niveles educacionales en el rango en que fue probado, por lo tanto, se concluye que es fácil de usar. Una razón para su facilidad es que el "shell" se basa en el menú como interface con el usuario, lo que permite observar la pregunta y sus posibles respuestas, disminuyéndose así la posibilidad de error.

El cuarto paso demostró que el sistema experto podía diagnosticar igual o mejor que un "libro guía". Los resultados mostraron que el sistema experto tiene mejor capacidad de diagnóstico y mayor rapidez de respuesta que el "libro guía". Sin duda, esta ventaja se atribuye a la rapidez de la computadora y a la claridad y sencillez de como está presentado el conocimiento. En efecto, si el "libro guía" fue desarrollado por una de las personas que

aportó el conocimiento del sistema experto, asumimos que la diferencia no se debe al conocimiento que el experto aportó.

En forma global, el trabajo muestra una secuencia lógica que permitió generar , generalizar, probar y validar el "shell" y el sistema experto.

## 8.2 RECOMENDACIONES GENERALES

- 1) Cuando se elabore otro "shell", se recomienda hacerlo con un lenguaje de programación de inteligencia artificial como PROLOG, LISP u otro más poderoso y de fácil uso.
- 2) El sistema experto desarrollado debe ser actualizado con conocimiento nuevo y la eliminación del conocimiento obsoleto.
- 3) Se debe comparar el sistema experto con otros sistemas tradicionales de diagnóstico de plagas insectiles.
- 4) Se recomienda que se construyan otros sistemas similares para diferentes cultivos.
- 5) Hacer la prueba de facilidad de uso con otros grupos de personas, como estudiantes de universidades, de institutos técnicos, trabajadores de campo y oficina, agricultores, etc., así como, las personas estudiadas y en los países, donde se utilizará el "shell".

- 6) El sistema experto de diagnóstico de plagas insectiles de maíz, debe ser probado en los diferentes países de Centro América, para validar su funcionamiento en esas condiciones.
- 7) Al sistema experto se le debe incorporar conocimiento específico de cada país del area Centroamericana, para adaptarlo a sus necesidades.
- 8) Todos los métodos de diagnóstico como libros, claves, guías, base de datos, sistemas expertos, etc. deben ser evaluados antes de distribuirlos al usuario.
- 9) Debe darse un apoyo al desarrollo de sistemas expertos, modelos de simulación, sistema de apoyo de decisiones y bases de datos, para ser usados en agricultura y ganadería.

## 9. LITERATURA CITADA

- ACOSTA FLORES, J. 1975. Teoría de decisiones en el sector público y en la empresa privada. Mexico M.E. Representaciones y Servicios de Ingeniería. 160 p.
- ADAMS, S.S.; STEVENSON, W.R. 1988. French expert systems for diagnosis of plant disorders. Plant Diagnosticians Quarterly. June: 11-17.
- ANDREWS, K L.; QUEZADA, J.R. 1989. Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura: estado actual y futuro, Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras, Centroamérica. 623 pp.
- ANGULO, J.M.; MORAL, A. del 1986. Inteligencia Artificial. Madrid, España. PARANINFO. 104 p.
- AUSHER, R.; PALTÍ, J. 1986. Optimization of pest management advice by computer -based decision making. In Ausher, R.; Palti, J. Advisory work in crop pest and disease management. Berlin, Springer-Verlag. p. 110-118.
- BAILEY, J.E.; MATYAC, C.A. 1989. A decision model for use of fumigation and resistance to control *Cylindrocladium* black rot of peanuts. Plant Disease 73(4):323-325.
- BATCHELOR, W.D.; McCLENDON, R.W.; JONES, J.W.; ADAMS, D.B. 1989. An expert simulation system for soybean insect pest management. TRANSACTIONS of the ASAE 32(1):335-342.
- BECK, H.W.; JONES, P.; JONES, J.W.; PEART, R.M. 1987. Expert databases for agricultural information retrieval systems. American Society Agriculture Enginery Microfiche. 17 p.
- BENSON, R. 1987. If/then...the hands-on introduction to artificial intelligence using lotus 1-2-3. San Francisco, E.E.U.U., Lotus Development. 166 p.
- BERK, A.A. 1986. Lisp. El lenguaje de la inteligencia artificial. Trad. Agustín Sánchez. Madrid, España, Anaya Multitimedia. 200 p.
- BERK, A.A. 1986. Prolog. Programación y aplicacines en inteligencia artificial. Trad. Agustín Sánchez. Madrid, España, Anaya Multitimedia. 205 p.
- BORLAND INTERNATIONAL. 1986. Turbo Prolog the natural language of artificial intelligence. California, E.E.U.U., Borland international. 223 p.

- BORLAND INTERNATIONAL. 1987. Turbo C. User's guide. California, E.E.U.U., Borland international. 305 p.
- BROWN, G.C.; MAREK, N.; YEH, V.; MEHS, S.; FREEDMAN, N. 1985. Expert systems in agricultural pest management: an implementation example. Madison, Wisconsin, s.p. North Central Computer Institute Software.
- BRUGGEN, A.H.C. van; NEHER, D.A.; WEICHT, T.R. 1991. Teaching computer-base diagnosis of plant diseases. *Plant Diseases* 75(3):320-322.
- BUCHANAN, A.G.; BARSTOW, D.; BECHTAL, R.; BENNETT, J.; CLANCEY, W.; KULIKOWSKI, C.; MITCHELL, T.; WATERMAN, D.A. 1983. Constructing an expert system. In: Building expert systems. Eds. Hayes-Roth, I.; Waterman, D.A.; Lenat, D.B., 127-167. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, E.E.U.U.
- BUSTAMANTE, E. 1987. Importancia del diagnóstico y la organización de los recursos en Centro América. In Memorias de la Red Regional de Diagnóstico Vegetal de Plagas, Guatemala, 2-4 de diciembre de 1987 / editores Elkin Bustamante y Orlando Arboleda-Sepúlveda. Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 8-17.
- CAMACHO NARANJO, L. 1987. Compulsive technology: algunas dudas sobre la revolución de la computación y la así llamada inteligencia artificial. *Desarrollo (C.R.)* no.5:87-93.
- CARISTI, J.; SCHAREN, A.L.; SHARP, E.L.; SANDS, D.C. 1987. Development and preliminary Testing of EPINFORM an expert system for predicting wheat disease epidemics. *Plant Disease* 71(12):1147-1151.
- CHADWICK, M.; HANNAH, J. 1987. Expert system for microcomputers an introduction to artificial intelligence. E.E.U.U., TAB. 234 p.
- CISNEROS V., F.H. 1980. Principios del control de las plagas agrícolas. editado por Pedro G. Aguilar F. Lima Perú, Gráfica Pacific Press. 190 p.
- COULSON, R.N.; SAUNDERS, M.C.; LOH, D.K.; RYKIEL, E.J.; PAYNE, T.L. 1985. A decision support systems for the southern pine beetle. In Goyer, J.P.; Jones, G.P. ed. *Insects and diseases of Southern Forests*. Baton Rouge, Agricultural Experimental Station p. 35-46.

- CROFT, B.A. 1985. Integrate pest management: the agricultural--environmental rationale. pp. 712-728. In Frisbie, R.C. y Adkinsson, P.L. (eds), Integrated pest management on major agricultural systems. Texas A & M University.
- DOLUSCHITZ, R.; SCHMISSEUR, W.E. 1988. Expert systems: applications to agriculture and farm management. Computer Electron. Agriculture 2:173-182.
- EDWARD-JONES, G.; MUMFORD, J.; NORTON, G.; TURNER, R.; PROCTOR, G.; MAY, M.J. 1989. A computerised decision support system for sugar beet herbicide selection. In Brighton Crop Protection Conference Weeds (1989, Brighton, England). Proceedings. Brighton, U.K., British Crop Protection Council. p. 561-567.
- ¿EN QUE consiste un sistema experto? 1988. Mundo de la Computación (C.R.) 2(11):26-28.
- EUREQUIP. 1973. Lógica de la decisión, iniciación. traducido por Eduardo Buzzanga Cañellas. Barcelona, España. Editores Técnicos Asociados. 114 p.
- FABELLAR, N.G.; TENG, P.S. 1988. Expert systems in rice disease management: a computer - based decision aid. In Conference of the Pest Control Council of the Phillipines (19: 1988: Cebú, Phillipines). Proceedings. Phillipines, The Council. 5 p.
- FERMANIAN, TW.; MICHALSKI, R.S. 1989. WEDER: an advisory system for the identification of grasses in turf. Agronomy Journal 81:312-316.
- FERMANIAN, TW.; MICHALSKI, R.S.; KATS, B.; KELLY, J. 1989. Agassistant: artificial intelligence system for discovering patterns in agricultural knowledge and creating diagnostic advisory systems. Agronomy Journal 81:306-312.
- FRISBIE, R.E. 1986. The use of expert systems to integrate and deliver IPM technology. In Frisbie, R.E.; Adkinsson, P.L. ed. Integrated Pest Management in Major Agricultural Systems. Texas, College Station. Texas Agricultural Experimental Station p. 692-711.
- GORDON, G. 1980. Simulación de sistemas. Tercera impresión. traducido por Sergia Fernández E. México DF, México. DIANA. 343 p.
- GURSTEIN, M. 1985. Social impacts of selected artificial intelligence applications the canadian context. Futures (E.E.U.U.) 17(6):653-671.



- GUTIERREZ, C. 1987. Inteligencia Artificial, en la frontera de la ciencia. Desarrollo (C.R.) no.5:26-33.
- HARMON, P. ; KING, D. 1985. Expert systems. Artificial intelligence in business. New York. Wiley. 283 P.
- HEARN, A.B. 1987. SIRATAC: a decision support system for cotton management. Review of Marketing and Agricultural Economics 55(2):170-173.
- HEONG, K.L. 1990. Computer expert systems for improving insect pest management. Review of Agricultural Entomology 78:1-11.
- HILJE, L. et al. 1987. El uso de los plaguicidas en Costa Rica. San José, EUNED. 149 p.
- HOLT, J.; CHENG, J.A.; NORTON, G.A. 1988. A system analysis approach to the control of brown planthopper on rice in Zhejiang Province in China; an expert system for making recommendations. Journal of Applied Ecology 25:5 p.
- HOLT, J.; PERFECT, T.J. 1988. An expert system for insecticide control of brown planthopper (BPH). International Rice Research Newsletter 13(5):31-32.
- HORN, D.J. 1988. Ecological approach to pest management. edited by David Pimentel. New York, E.E.U.U., The Guilford Press. 285 p.
- HU, D. 1989. C/C++ for expert systems. Portland, E.E.U.U. 565 p.
- JOHNSON, P.E. 1983. What kind of expert should a system be? Journal of Medicine and Philosophy. 8:77-97.
- JONES, E. 1989. Aplique dBASE IV. Traducido por José Daniel Sánchez Navarro. Madrid, España. Osborne/McGraw-Hill. 640 p.
- JONES, P.; HALDEMAN, J. 1986. Management of a crop research facility with a microcomputer-based expert system. Journal of Transactions of the American Society of Agriculture Engineering 29(1):235-242.
- JONES, P.; JONES, J.W.; EVERETT, P.A. 1986. Knowledge acquisition: a case history of an insect control expert system. American Society Agriculture Engineering Microfiche 19 p.
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de los cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, ODA, 182 p.

- LATIN, R.X.; MILES, G.E.; RETTINGER, J.C. 1987. Expert systems in plant pathology. *Plant Disease* 71(10):866-872.
- LEMMON, H. 1986. Connax: an expert system for cotton crop management. *Science* 233:29-33.
- LOGAN, J.A. 1988. Toward an expert system for development of pest simulation models. *Environmental Entomology* 17(2):359-376.
- LUGER, G.F.; STUBBLEFIELD, W.A. 1989. Artificial Intelligence and the design of expert systems. California, E.E.U.U. The Benjamin/Cummings Publishing Company. 660 p.
- MAG/FAO/PNUD. 1976. Control integrado de plagas de maiz, sorgo y frijol. Managua, NIC., MAG/FAO/PNUD. 58 p.
- McKINION, J.M.; LEMMON, H.E. 1985. Expert system for agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* (E.E.U.U.) 1(1):31-40.
- MEYER, C.R. 1990. Minimum user-interface standards and software for agricultural expert systems. *Agronomy Journal* 92:647-650.
- MONTOYA, R.E. 1987. Importancia del reconocimiento y diagnóstico vegetal. *In* Memorias de la Red Regional de Diagnóstico Vegetal de Plagas, Guatemala, 2-4 de diciembre de 1987 / editores Elkin Bustamante y Orlando Arboleda-Sepúlveda. Turrialba, C.R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 46-49.
- MOORE, A.; MILLER, J.R.; TABASHNIK, B.E.; GAGE, S.H. 1986. Automated identification of flying insects by analysis of wingbeat frequencies. *Journal of Economic Entomology* 79(6):1703-1706.
- MOOSE, A.; SHAFER, D. 1987. VP-EXPERT Rule-base expert system development tool. California, E.E.U.U. Paperback Software.
- NAEGELE, J.A.; COULSON, R.N.; STONE, N.D.; FRISBIE, R.E. 1985. The use of expert system to integrate and deliver IPM technology. pp. 692-711. *In* Frisbie, R.C. y Adkinsson, P.L. (eds), Integrated pest management on major agricultural systems. Texas A & M University.
- NEBENDAHL, D. 1988. Sistemas Expertos. Traducido por Miguel Núñez. Barcelona, España. MARCOMBO. 209 p.

- NORTON, G.A. 1987. Developments in expert systems for pest management at Imperial College. *Review Market Agriculture Economic* 55(2):167-170.
- OSSA OSEGUEDA, A. DE LA 1987. Importancia de la inteligencia artificial en el desarrollo nacional. Una visión general. *Desarrollo (C.R.)* no.5:75-79.
- PARSAYE, K.; CHIGNELL, M. 1988. Expert system for experts. edited by John Wiley & Sons. New York, E.E.U.U., WILEY. 461 p.
- PASQUAL, G.M.; MANSFIELD, J. 1988. Development of a prototype expert systems for identification and control of insect pests. *Computer Electron Agriculture* 2(4):263-276.
- PASQUAL, G.M.; POOLE, M.; MADIN, R. 1987. Weed control decision-making, an expert system approach. In Australian Weeds Conference (8: 1987: Sydney). Proceedings. Sydney, Council of Australian Weed Science p. 276.
- PAZOS SIERRA, J. 1987. Inteligencia Artificial. Madrid, España, PARANINFO. 496 P.
- PERRIER, X.; TEZENAS MONTCEL, H.; GANRY, J. 1987. MUSAID: Musa computer aided determination system. In Workshop on Information and Documentation (1987: Montpellier, Francia). Montpellier, Francia, INIBAP. p. 1-6.
- REY, J.M.; ANDRES, M.F.; ARIAS, M. 1988. A computer method for identifying nematode species; Genus longidorus (Nematoda Longidoridae). *Revue de Nematologie* 11(2):195-202.
- REYES C., L.; HERNANDEZ D., A. 1987. Sistema de referencia entomológico computarizado. In Congreso de Manejo Integrado de Plagas (4, 1987, memorias). Guatemala (GU). pp. 441-447.
- REYES C., L.; HERNANDEZ, A. 1986. Sistema de referencia entomológico computarizado. *TIKALIA* (Guatemala) 5(2):63-70.
- ROBINSON, P.R. 1987. Aplique turbo prolog. trad. José María Troya Linero. Madrid, España, OSBORNE/McGRAW-HILL. 338 p.
- ROUSE, D.I.; TENG, P.S. 1984. Understanding computers: a modern tool in plant pathology. *Plant Disease* 68:365-369.

- SAUNDERS, J.L.; KING, A.B.S.; VARGAS S., C.L. 1983. Plagas de los cultivos en América Central. Una lista de referencia. Turrialba, C.R., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (Serie Técnica. Boletín técnico / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza ; no.9) 92 p.
- SAUNDERS, M.C.; LOH, D.K.; COULSON, R.N.; RYKIEL, E.J.; PAYNE, T.L. 1985. Development and implementation of the southern pine beetle decision support system. In Integrated Pest Management Research Symposium (1985: Asheville). Proceedings. New Orleans, USDA. Forest Service p. 335-363.
- SCHILDT, H. 1987. Advanced turbo prologTM:version 1.1. eds. Nancy Carston. Berkeley, E.E.U.U., BORLAND-OSBORNE/McGRAW-HILL. 323 p.
- SEMINARIO SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (1, 1989, San José, C.R.). 1989. Seminario sobre Inteligencia Artificial impartido por Juan Eduardo Vargas, San José, C.R., Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE).
- SEMINARIO SOBRE SISTEMAS EXPERTOS (1, 1988, San José, C.R.). 1988. Primer seminario sobre sistememas expertos. impartido por Kenneth M. Ford, Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- SPANGLER, A.M.; RAY, C.D.; HAMAKER, K. 1989. Knowledge Acquisition for expert system development. Computer Electron. Agriculture 4:23-32.
- STARFIELD, A.M.; BLELOCH, A.L. 1983. Expert systems: an approach to problems in ecological management that are difficult to quantify. Journal of Environmental Management 16:261-268.
- STONE, N.D.; COULSON, R.N.; FRISBIE, R.E.; LOH, D.L. 1986. Expert system in entomology: three approaches to problem solving. BULLETIN OF THE ESA(E.E.U.U.) FALL. 161-166.
- STONE, N.D.; FRISBIE, R.E.; RICHARDSON, J.W.; COULSON, R.N. 1986. Integrated expert system applications for agriculture. In International Conference Computer Agriculture Extension Programs (2: 1986: Lake Buena Vista, Flo.). Proceedings. Gainesville, University of Florida. 5 p.
- TYLEY, W.E. 1989. dBASE IV Programing techniques. edited by Mary Bednarek. Carmel, E.E.U.U., QUE Corporations. 614 P.

- UGALDE ARIAS, L.; ROSE, D.W. 1988. A pioneering management information system for tropical forestry research. *Journal of Forestry* 86(11):35-36.
- VAN GIGCH, J.P. 1987. Teoría general de sistemas. eds. Fernando Arias Galicia. 2 ed. México, Mex., TRILLAS. 607 p.
- VARGAS V., M. 1986. Inteligencia artificial. Origen, aplicaciones y otros aspectos. eds Gabriela Catarinella Arrea. San José, C.R., Universidad de Costa Rica, Programa de posgrado en microbiología, parasitología y Química clínica. 6 p.
- VARILLY, J. 1987. A donde nos lleva la inteligencia artificial. *Desarrollo (C.R.)* no.5:81-86.
- VILLANUEVA-LARA, J.E. 1987. Computadoras y procesamiento de datos. eds Eva V. Chesneau. Washington, E.E.U.U., Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. 158 p.
- WATERMAN, D.A. 1986. A guide to expert systems. Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, E.E.U.U.
- WEISS, S.M.; KULIKOWSKI, C.A. 1984. A practical guide to designing expert systems. Totowa, E.E.U.U., ROWMAN & ALLANHELD. 174 p.
- WELCH, S.M.; CROFT, B.A.; MICHELS, M.F. 1981. Validation of pest management models. *Environmental Entomology* 10:425-432.
- WILCOX, G.E.; SULLIVAN, G.H.; OOMS, W.J. 1988. Expert system schedules profitable muskmelons. *Vegetable Grower* 36(12):51-52.
- WISIOL, K.I.; H. HESKETH, J.D. 1987. Plant growth modeling for resource management. Florida, CRC. vol. II 170p.
- WOOLEY, J.B.; STONE, N.D. 1987. Application of artificial intelligence systematics: SYSTEX a prototype expert system for species identification in Signiphora ashmead (Hymenoptera:Signiphoridae). *Systematic Zoology*. (In press).
- YIN, K.M.; SOCOMOM, D. 1987. Using turbo prolog. Indianapolis, E.E.U.U., QUETM. 597 p.
- YOELI, R.; MANOR, G.; GILL, A. 1989. Modeling human intuition in an expert systems for planning aerial application operations. *Computer Electron. Agriculture* 4:13-22.

## 10. ANEXOS

10.1 Código del programa principal escrito en lenguaje VP-EXPERT.

```
runtime;
ENDOFF;
ACTIONS
!-----
!
!           MENU PRINCIPAL
!-----
ENTRADA1=OK
FIND ENTRADA2;

RULE ENTRADA
IF ENTRADA1=OK
THEN
MRESET ALL
RESET ALL

DISPLAY "           SISTEMA EXPERTO DE
DIAGNOSTICO DE PLAGAS
=====
=====
SELECCIONE
INSECTO: Cuando en el cultivo haya observado solo
el insecto

DANO : Cuando en el cultivo haya observado solo
el dano

INSECTO y DANO: Cuando en el cultivo se observo
ambos

NOMBRE DEL INSECTO: Cuando supone la plaga y
conoce el Nombre Cientifico

TAXONOMIA: Cuando se conoce el Orden y Familia
del insecto observado

PARTE PLANTA DANADA: Si conoce la parte de planta
danada y Nombre Cientifico

INFORMACION GENERAL: Sobre plagas      AYUDA:
Para el manejo del sistema "
WOPEN 1,17,2,5,74,2
FIND OBSERVACION
WCLOSE 1
CLS
busquel01=ok
```

```
FIND BUSQUES
ENTRADA2=OK;
```

```
!-----
!
!           MODULO DE FENOLOGIA
!-----
RULE FENO
IF OBSERVACION=INSECTO OR
OBSERVACION= DANO OR
OBSERVACION= INSECTO_y_DANO
THEN
BCALL BORRAR
display "{OBSERVACION}"
DISPLAY"
En que estado de desarrollo estaba el cultivo
cuando
        hizo la observacion ?
"
MENU LA_FENOLOGIA,ALL,fenolo,FENOLOGIA

WHILEKNOWN FENOLOGIA
GET all,FENOLO,FENOLOGIA
CONOCIMIENTO=INFOGENE
VARIABLE=(FENOLOGIA)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_FENOLOGIA
WCLOSE 1
close INFOGENE
CLS
MRESET LA_FENOLOGIA
FIND LA_FENOLOGIA
CLS
KK=OK
WOPEN 1,6,4,6,67,1;

!-----
!
!           MODULO DE ORGANO DANADO
!-----
RULE DISTRIBUCION_PARA_INSECTOS
IF OBSERVACION=INSECTO AND
KK=OK AND
CONOCE_DISTRIBUCION=SI
THEN BUSQUE=DISTRIBUCION
WCLOSE 1
```

```

CLS;

RULE DISTRIBUCION_PLANTA
IF BUSQUE=DISTRIBUCION OR
OBSERVACION=DANO OR
OBSERVACION=INSECTO_y_DANO AND
KK=OK
THEN
BCALL BORRAR
WCLOSE 1
DISPLAY "{OBSERVACION}/{LA_FENOLOGIA}"
DISPLAY "
En que parte de la planta se encontraba el
dano o el insecto ?
"
MENU LA_DISTRI,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA
,INFOGENE,DISTRI
WHILEKNOWN DISTRI
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA
,INFOGENE,DISTRI
CONOCIMIENTO=INFOGENE
VARIABLE=(DISTRI)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
close INFOGENE
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_DISTRI
WCLOSE 1
mreset la_distri
CLS
BUSQUE2=OK;

```

```

!-----
!
! MODULO DANO QUE PROVOCA EL INSECTO
! SUBMODULO DANO GENERAL
!-----

```

```

RULE DANO_GENERAL
IF BUSQUE2=OK and
OBSERVACION=DANO
THEN
bcall borrar
CLS
DISPLAY
"{OBSERVACION}/{LA_FENOLOGIA}/{LA_DISTRI}"
DISPLAY "
Cual es el dano general que
observo?
"

```

```

MENU LA_DGENE,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_DISTRI=DISTRI ,DIAG,DGENE

```

```

WHILEKNOWN DGENE
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_DISTRI=DISTRI,DIAG,DGENE
CONOCIMIENTO=DGENE
VARIABLE=(DGENE)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_DGENE
WCLOSE 2
BUSQUE14=OK
close diag
CLS
MRESET LA_DGENE;

```

```

!-----
!
! SUBMODULO DANO ESPECIFICO
!-----

```

```

RULE DANO_ESPECIFICA
IF BUSQUE14=OK
THEN
CLS
DISPLAY
"{OBSERVACION}/{LA_FENOLOGIA}/{LA_DISTRI}/{LA_DGE
NE}"
DISPLAY "
Cual es el dano especifico que
observo
"
menu la_despe,la_fenologia=fenologia and
La_distri=distri and la_dgene=dgene ,diag,despe

```

```

WHILEKNOWN DESPE
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_DISTRI=DISTRI AND LA_DGENE=DGENE,DIAG,DESPE
CONOCIMIENTO=DESPE
VARIABLE=(DESPE)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_DEspE
WCLOSE 2

```



```

close diag
!CLS
BUSQUE16=OK;
!-----
!
!           MODULO FORMA DEL INSECTO
!           SUBMODULO FORMA GENERAL DEL INSECTO
!-----
!-----

RULE FORMA_GENERAL
IF BUSQUE2=OK and
OBSERVACION=insecto OR
OBSERVACION=INSECTO_y_DANO
THEN
WCLOSE 1
DISPLAY
"({OBSERVACION})/({LA_FENOLOGIA})/({LA_DISTRI})"
DISPLAY "
    Cual es la forma general del insecto ?
"

    MENU LA_FGENE,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA and
LA_DISTRI=DISTRI,DIAG,FGENE
WOPEN 1,2,61,19,17,5
    FIND LA_FGENE
WCLOSE 1
CLS
BUSQUE3=OK;

RULE FORMA_GENERAL_2
IF OBSERVACION=INSECTO
THEN
WCLOSE 1
DISPLAY "({OBSERVACION})/({LA_FENOLOGIA})"
DISPLAY "
    Cual es la forma general del insecto ?
"

    MENU
LA_FGENE,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA,DIAG,FGENE
WOPEN 1,2,61,19,17,5
    FIND LA_FGENE
WCLOSE 1
CLS
BUSQUE13=OK;

!-----
!
!           SUBMODULO FORMA ESPECIFICA DEL INSECTO
!-----
!-----

RULE FORMA_ESPECIFICA
IF BUSQUE3=OK
THEN

```

```

cls
BCALL BORRAR
DISPLAY
"({OBSERVACION})/({LA_FENOLOGIA})/({LA_DISTRI})/({LA_FGENE})"
DISPLAY "
    Cual es la forma especifica del
insecto
"

MENU LA_FESPE,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_DISTRI=DISTRI AND LA_FGENE=FGENE,DIAG,FESPE
    WHILEKNOWN FESPE
    GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND LA_DISTRI=DISTRI
AND LA_FGENE=FGENE,DIAG,FESPE
CONOCIMIENTO=FESPE
    VARIABLE=(FESPE)
FIND X0
    RESET X0
END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_FESPE
WCLOSE 2
CLOSE DIAG
BUSQUE4=OK;

RULE FORMA_ESPECIFICA_2
IF BUSQUE13=OK
THEN
cls
BCALL BORRAR
DISPLAY "({OBSERVACION})/({LA_FENOLOGIA})/({LA_FGENE})"
DISPLAY "
    Cual es la forma especifica del
insecto
"

    MENU LA_FESPE,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA and
LA_FGENE=FGENE,DIAG,FESPE
    WHILEKNOWN FESPE
    GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_FGENE=FGENE,DIAG,FESPE
CONOCIMIENTO=FESPE
    VARIABLE=(FESPE)
FIND X0
    RESET X0
END
WOPEN 1,2,61,19,17,5
find la_fespe
WCLOSE 2
RESET BUSQUE100
CLOSE DIAG
BUSQUE15=OK;

```

```

!-----
!
!           MODULO SOBRE INSECTO Y
DANO
!
!           SUB MODULO DANO GENRAL
!-----

```

```

RULE DANO_GENERAL
IF  BUSQUE3=OK and
OBSERVACION=INSECTO_y_DANO
THEN
bcall borrar
CLS
DISPLAY
*{OBSERVACION}/{LA_FENOLOGIA}/{LA_DISTRI}/{LA_FGENE}
NE}*
DISPLAY *

```

Qual es el dano general que

observo?

```

*
MENU LA_DGENE,LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_DISTRI=DISTRI AND LA_FGENE=FGENE,DIAG,DGENE

```

```

WHILEKNOWN DGENE
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND
LA_DISTRI=DISTRI AND LA_FGENE=FGENE,DIAG,DGENE
CONOCIMIENTO=DGENE
VARIABLE=(DGENE)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_DGENE
WCLOSE 2
BUSQUE140=OK
close diag
MRESET LA_DGENE;

```

```

!-----
!
!           SUBMODULO FORMA ESPECIFICA
!-----

```

```

RULE FORMA_ESPECIFICA
IF  BUSQUE140=OK
THEN
cls
BCALL BORRAR
DISPLAY
*{OBSERVACION}/{LA_FENOLOGIA}/{LA_DISTRI}/{LA_FGENE}
NE}/{LA_DGENE}*

```

```

DISPLAY *
Qual es la forma especifica del
insecto
*

```

```

MENU LA_FESPE,LA_FENOLOGIA=FENOlogia AND
LA_DISTRI=DISTRI AND LA_FGENE=FGENE AND
LA_DGENE=DGENE,DIAG,FESPE
WHILEKNOWN FESPE
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND LA_DISTRI=DISTRI
AND LA_FGENE=FGENE AND LA_DGENE=DGENE,DIAG,FESPE
CONOCIMIENTO=FESPE
VARIABLE=(FESPE)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
FIND LA_FESPE
WCLOSE 2
CLOSE DIAG
BUSQUE141=OK;

```

```

!-----
!
!           SUBMODULO DANO ESPECIFICO
!-----

```

```

RULE DANO_ESPECIFICA
IF  BUSQUE141=OK
THEN
CLS
DISPLAY
*{OBSERVACION}/{LA_FENOLOGIA}/{LA_DISTRI}/{LA_FGENE}
NE}/{LA_DGENE}/{LA_FESPE}*
DISPLAY *

```

Qual es el dano específico que

observo

```

*
MENU LA_DESPE,LA_FENOLOGIA=FENOlogia AND
LA_DISTRI=DISTRI
AND LA_FGENE=FGENE AND LA_DGENE=DGENE AND
LA_FESPE=FESPE,DIAG,DESPE

```

```

WHILEKNOWN DESPE
GET LA_FENOLOGIA=FENOlogia AND
LA_DISTRI=DISTRI
AND LA_FGENE=FGENE AND LA_DGENE=DGENE AND
LA_FESPE=FESPE,DIAG,DESPE

```

```

CONOCIMIENTO=DESPE
VARIABLE=(DESPE)
FIND X0
RESET X0

```

```

END
RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
  FIND LA_DEspE
MCLOSE 2
close diag
BUSQUE142=OK;

```

```

!-----
!
!                               MODULO NOMBRE DEL INSECTO
!-----

```

```

RULE NOMBRE_DEL_INSECTO
IF OBSERVACION=NOMBRE_DEL_INSECTO
THEN
CLS
MENU LA_PLAGA,ALL,DIAG,PLAGA
FIND LA_PLAGA
CLS
WHILEKNOWN PLAGA
  GET LA_PLAGA=PLAGA,DIAG,ALL
  INFMAS=SI
  reset mostrar
  find mostrar
END
CLOSE DIAG
  reset all
BUSQUE5=OK;

```

```

!-----
!
!                               MODULO TAXONOMIA
!-----

```

```

RULE TAXONOMIA
IF OBSERVACION=TAXONOMIA
THEN
CLS
MENU LA_ORDEN,ALL,DIAG,ORDEN
FIND LA_ORDEN
MRESET LA_ORDEN
LOCATE 18,0
DISPLAY *
Puede senalar varios nombres con ENTER y luego
pulse END
*

```

```

locate 9,5
MENU LA_FAMILIA,LA_ORDEN=ORDEN,DIAG,FAMILIA
FIND LA_FAMILIA

```

```

MRESET LA_FAMILIA
cls
BCALL BORRAR
DISPLAY *

```

Cual es la forma especifica del

insecto

```

*
MENU LA_FESPE,LA_ORDEN=ORDEN AND
LA_FAMILIA=FAMILIA,DIAG,FESPE
  WHILEKNOWN FESPE
GET LA_ORDEN=ORDEN AND
LA_FAMILIA=FAMILIA,DIAG,FESPE
CONOCIMIENTO=FESPE
VARIABLE=(FESPE)
FIND X0
RESET X0
END
  RESET BUSQUE100
WOPEN 1,2,61,19,17,5
  FIND LA_FESPE
  reset la_fespe
MCLOSE 2
CLOSE DIAG
CLS
LOCATE 20,0
DISPLAY "Puede senalar varios nombres con ENTER y
luego pulse END"
LOCATE 3,0
MENU LA_PLAGA,LA_ORDEN=ORDEN AND
LA_FAMILIA=FAMILIA AND LA_FESPE=FESPE,DIAG,PLAGA
FIND LA_PLAGA
CLS
  WHILEKNOWN PLAGA
  GET LA_ORDEN=ORDEN AND LA_FAMILIA=FAMILIA
  AND LA_FESPE=FESPE AND LA_PLAGA=PLAGA,DIAG,ALL
  RESET MOSTRAR
  FIND MOSTRAR
END
CLOSE DIAG
BUSQUE5=OK;
plural: la_familia, la_plaga;

RULE PARTE_DE_PLANTA_DANADA
IF OBSERVACION=PARTE_PLANTA_DANADA
THEN
BCALL BORRAR
MENU LA_DISTRI,ALL,DIAG,DISTRI
FIND LA_DISTRI
MRESET LA_DISTRI
LOCATE 20,0
DISPLAY "Puede senalar varios nombres con ENTER y
luego pulse END"
LOCATE 3,0
  menu la_plaga,la_distri=distri,diag,plaga

```

```

find la_plaga
CLS
WHILEKNOWN PLAGA
  GET LA_DISTRI=DISTRI AND
  LA_PLAGA=PLAGA,DIAG,ALL
  RESET MOSTRAR
  FIND MOSTRAR
  END
CLOSE DIAG
BUSQUES=OK;

```

```

rule PRESENTACION_EN_PAPEL
if plaga<>UNKNOWN AND
  INFMAS=SI AND
  salida=IMPRESORA
THEN MOSTRAR=OK
CLS
printon
  DISPLAY"
      Sistema Experto de Diagnostico de Plagas
  Insectiles

```

```

!-----
!
!           MODULO PRESENTACION EN
PANTALLA Y PAPEL
!-----
!-----

```

```

rule PRESENTACION_EN_PANTALLA
if plaga<>UNKNOWN AND
  INFMAS=SI AND
  SALIDA=PANTALLA
THEN MOSTRAR=OK
CLS
locate 1,30
DISPLAY"{PLAGA}"
locate 3,10
display"Orden={orden} familia={familia} forma
general={fgene}"
locate 4,10
display"Desarrollo del cultivo={fenologia} Parte
atacada={distri}"
locate 5,25
DISPLAY"Forma Especifica:"
locate 6,5
SHOWTEXT FESPE,FESPE
locate 10,25
display"Dano General"
locate 11,5
SHOWTEXT DGENE,DGENE
locate 16,25
display"Dano Especifico"
locate 17,5
SHOWTEXT DESPE,DESPE
LOCATE 20,0
display "Pulse una tecla para continuar~"
cls
ELSE
CLS
locate 0,0
DISPLAY "Pulse ENTER para continuar";

```

(PLAGA)"

display"

Orden={orden}

familia={familia}

forma general={fgene}

Desarrollo del

cultivo={fenologia}

Parte atacada={distri}

Forma Especifica

"

SHOWTEXT FESPE,FESPE

display"

Dano General

"

SHOWTEXT DGENE,DGENE

display"

Dano Especifico

```

*
SHOWTEXT DESPE,DESPE
eject
printoff
cls
ELSE
cls
locate 0,0
DISPLAY "Pulse ENTER para continuar";

!-----
!
!                               MODULO PARA TERMINAR
!-----

RULE SALIR
IF OBSERVACION=TERMINAR
THEN CHAIN PIMCA
BUSQUE5=OK;

!-----
!
!                               MODULO INFORMACION GENERAL
!-----

RULE INFORMACION_GENERAL
IF OBSERVACION=INFORMACION_GENERAL
THEN
LOCATE 6,10
DISPLAY "MODULO NO DISPONIBLE~"
cls
BUSQUE5=OK;

!-----
!
!                               MODULO AYUDA
!-----

RULE AYUDA
IF OBSERVACION=AYUDA
THEN
LOCATE 6,10
DISPLAY "MODULO NO DISPONIBLE~"
cls
BUSQUE5=OK;
!-----

!                               RESPUESTA
!-----

RULE ambos
IF BUSQUE142=OK
THEN
BCALL BORRAR
WHILEKNOWN PLAGA
GET LA_FENOLOGIA=FENOlogia AND
LA_DISTRI=DISTRI AND LA_FGENE=FGENE
AND LA_DGENE=DGENE AND LA_FESPE=FESPE AND
LA_DESPE=DESPE,DIAG,PLAGA
VARIABLE=(PLAGA)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
RESET RES
FIND RES
CLOSE DIAG
BUSQUE5=OK;

RULE insecto_1
IF BUSQUE4=OK
THEN
BCALL BORRAR
WHILEKNOWN PLAGA
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND LA_DISTRI=DISTRI
AND LA_FGENE=FGENE
AND LA_FESPE=FESPE,DIAG,ALL
VARIABLE=(PLAGA)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
RESET RES
FIND RES
CLOSE DIAG
BUSQUE5=OK;

RULE insecto_2
IF BUSQUE15=OK
THEN
BCALL BORRAR
WHILEKNOWN PLAGA
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND LA_FGENE=FGENE AND
LA_FESPE=FESPE,DIAG,ALL
VARIABLE=(PLAGA)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100

```

```

RESET RES
FIND RES
CLOSE DIAG
BUSQUE5=OK;

```

```

RULE dano
IF BUSQUE16=OK
THEN
BCALL BORRAR
  WHILEKNOWN PLAGA
GET LA_FENOLOGIA=FENOLOGIA AND LA_DISTRI=DISTRI
AND LA_dGENE=dGENE
AND LA_dESPE=dESPE,DIAG,ALL
VARIABLE=(PLAGA)
FIND X0
RESET X0
END
RESET BUSQUE100
RESET RES
FIND RES
CLOSE DIAG
BUSQUE5=OK;

```

```

RULE MAS
IF BUSQUE17=OK
then
BCALL BORRAR
  WHILEKNOWN PLAGA
GET LA_ORDEN=ORDEN AND LA_FAMILIA=FAMILIA AND
LA_FESPE=FESPE,DIAG,PLAGA
VARIABLE=(PLAGA)
RESET X0
FIND X0
END
CLOSE DIAG
RESET BUSQUE100
RESET RES
FIND RES
BUSQUE5=OK;

```

```

RULE RES
IF PLAGA= UNKNOWN
THEN
!MOPEN 1,0,5,22,69,1
LOCATE 3,22
DISPLAY* EL INSECTO PLAGA ES:
*
WHILEKNOWN CODIGO
RECEIVE ARCHIVO,CODIGO
DISPLAY *           {CODIGO}*
END
LOCATE 20,0
DISPLAY "Pulse ENTER para continuar"
!Wclose 1

```

```
RES=OK;
```

```

!-----
!
!           MENU AUTOMATICO (ALGORITMO
FRENCH)
!-----

```

```

RULE X0
IF BUSQUE101=OK
THEN
  BUSQUE100=OK
  RESET NEW1
  RESET BEFORE
  RESET NEW
  RESET TRUTH
  FIND TRUTH
  X0=OK;

```

```

RULE X1
IF BUSQUE100=OK
  THEN
  NEW1=OK
  WHILEKNOWN CODIGO
  RECEIVE ARCHIVO,CODIGO
  RESET TRUTHCOD
  FIND TRUTHCOD
  END
  BEFORE=OK
  ;
RULE X2
  IF VARIABLE=(CODIGO) AND NEW1=OK THEN
  NEW=NO
  TRUTHCOD=OK
  ;

```

```

RULE X21
IF VARIABLE<>(CODIGO) OR NEW=NO AND NEW1=OK THEN
  TRUTHCOD=OK;

```

```

rule x3
  IF BEFORE=OK AND NEW<>NO THEN
  NEW=YES;

```

```

RULE X4
IF NEW=YES and VARIABLE<>unknown THEN
SHIP ARCHIVO,VARIABLE
SHOWTEXT @CONOCIMIENTO,VARIABLE
  TRUTH=KNOWN;

```

```

RULE X5
IF NEW=NO OR VARIABLE=UNKNOWN THEN

```

TRUTH=KNOWN;

```
!-----
!
!           MODULO SOBRE PREGUNTAS Y
MENSAJES
!-----
```

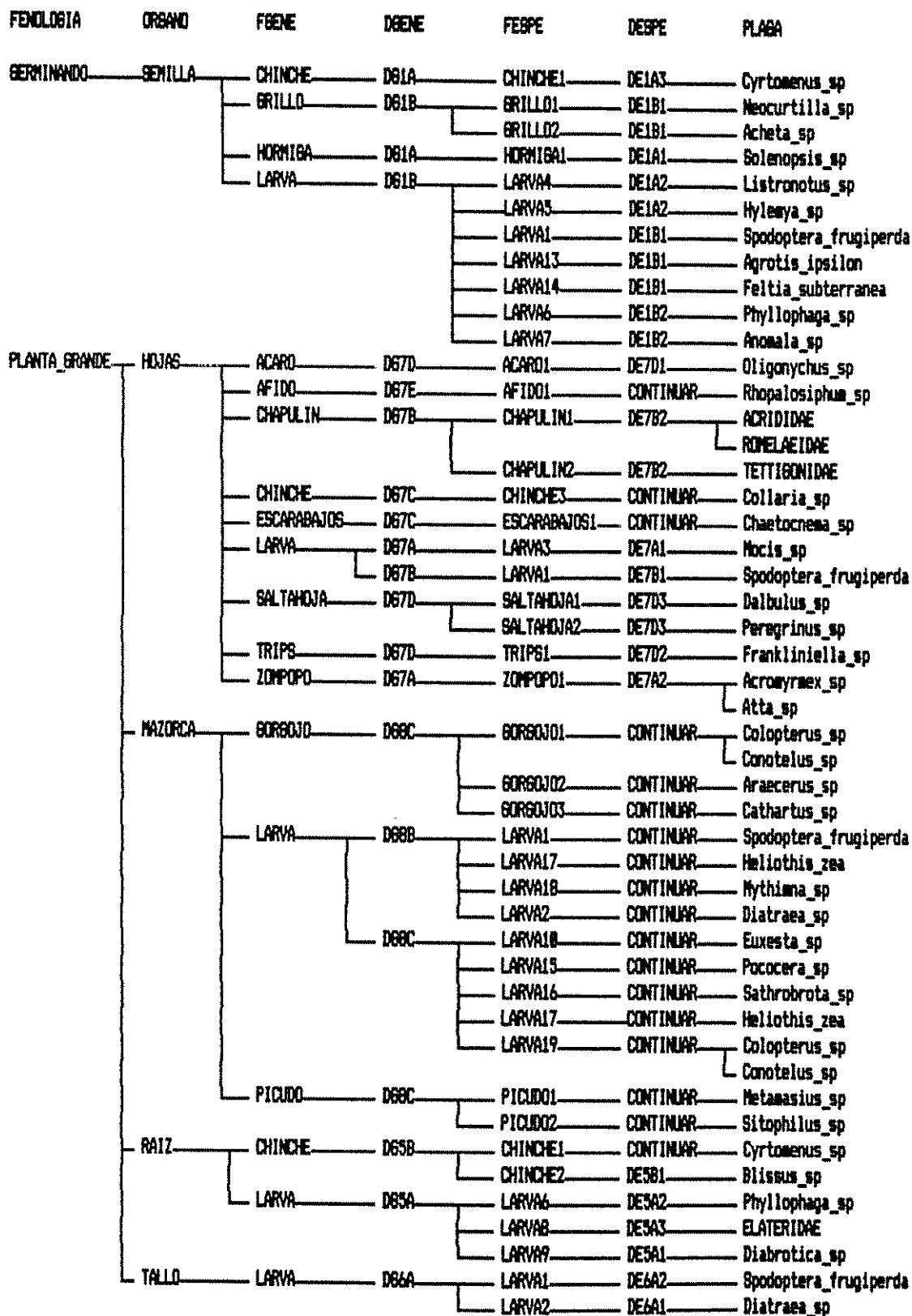
```
ASK OBSERVACION:" ";
CHOICES OBSERVACION:
INSECTO,DANO,INSECTO_y_DANO,NOMBRE_DEL_INSECTO,TA
XONOMIA,
PARTE_PLANTA_DANADA,INFORMACION_GENERAL,AYUDA,TER
MINAR;
```

```
ASK LA_FENOLOGIA:" ESCOJA
";
ASK CONOCE_DISTRIBUCION:"Sabe en que parte de la
planta se encontraba el insecto ?
";
CHOICES CONOCE_DISTRIBUCION: SI,NO;
ASK LA_DISTRI:" ESCOJA
";
ASK LA_FGENE:" ESCOJA
";
ASK LA_FESPE:" ESCOJA
";
ASK LA_DGENE:" ESCOJA
";
ASK LA_DESPE:" ESCOJA
";
ASK LA_PLAGA:"
                ESCOJA EL NOMBRE DEL INSECTO";
ASK LA_FAMILIA:"
                CUAL EL LA FAMILIA DEL INSECTO QUE
BUSCA
";
ASK LA_ORDEN:"
                CUAL ES LA ORDEN DEL INSECTO QUE
BUSCA";

ASK INFMAS:"
                Desea mas informacion";
choices infmas:SI,NO;

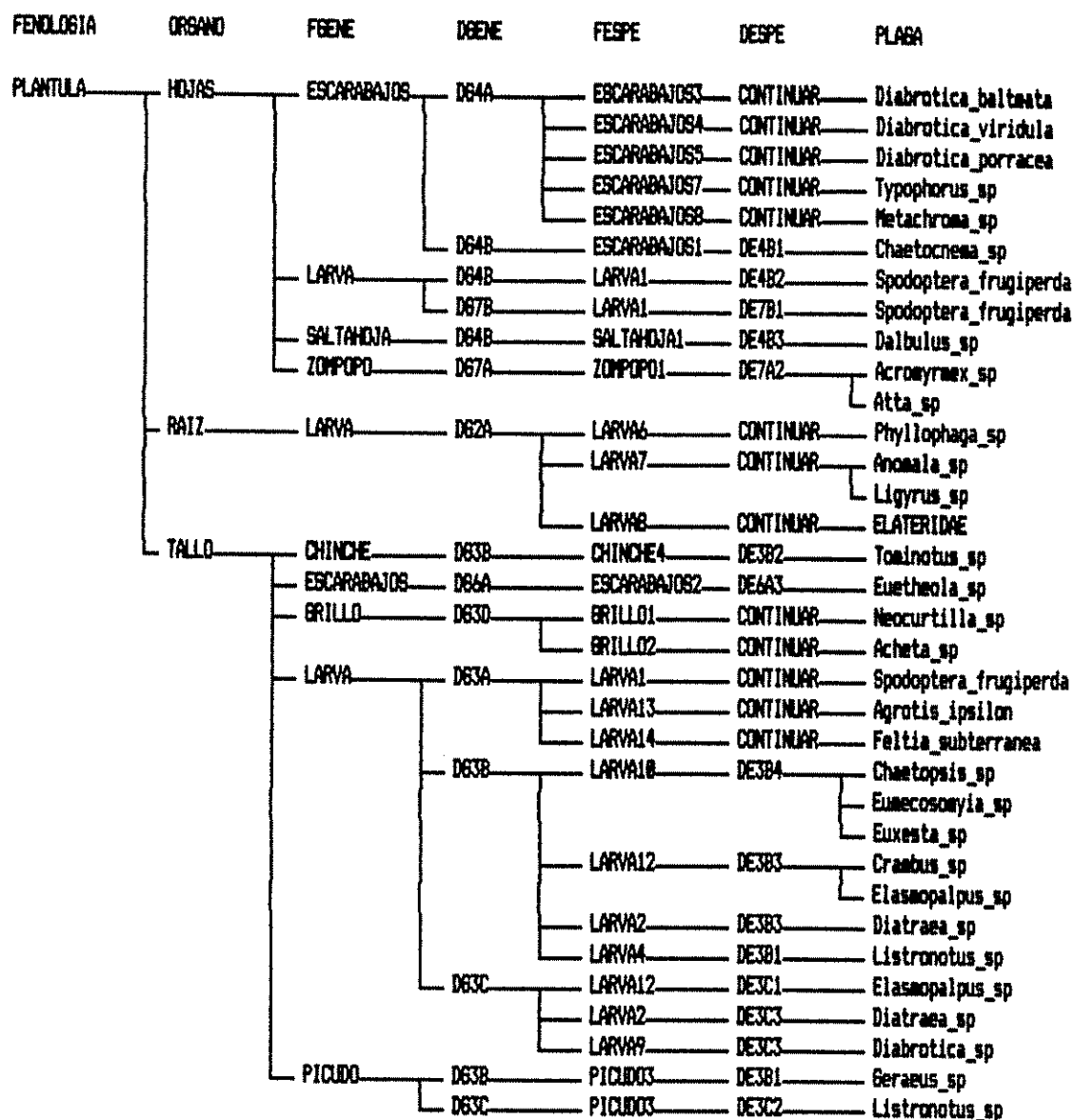
ask salida:"
                Donde desea la informacion ?";
choices salida:PANTALLA,IMPRESORA;
```

## 10.2 Arbol de Decisiones para Insecto y Daño



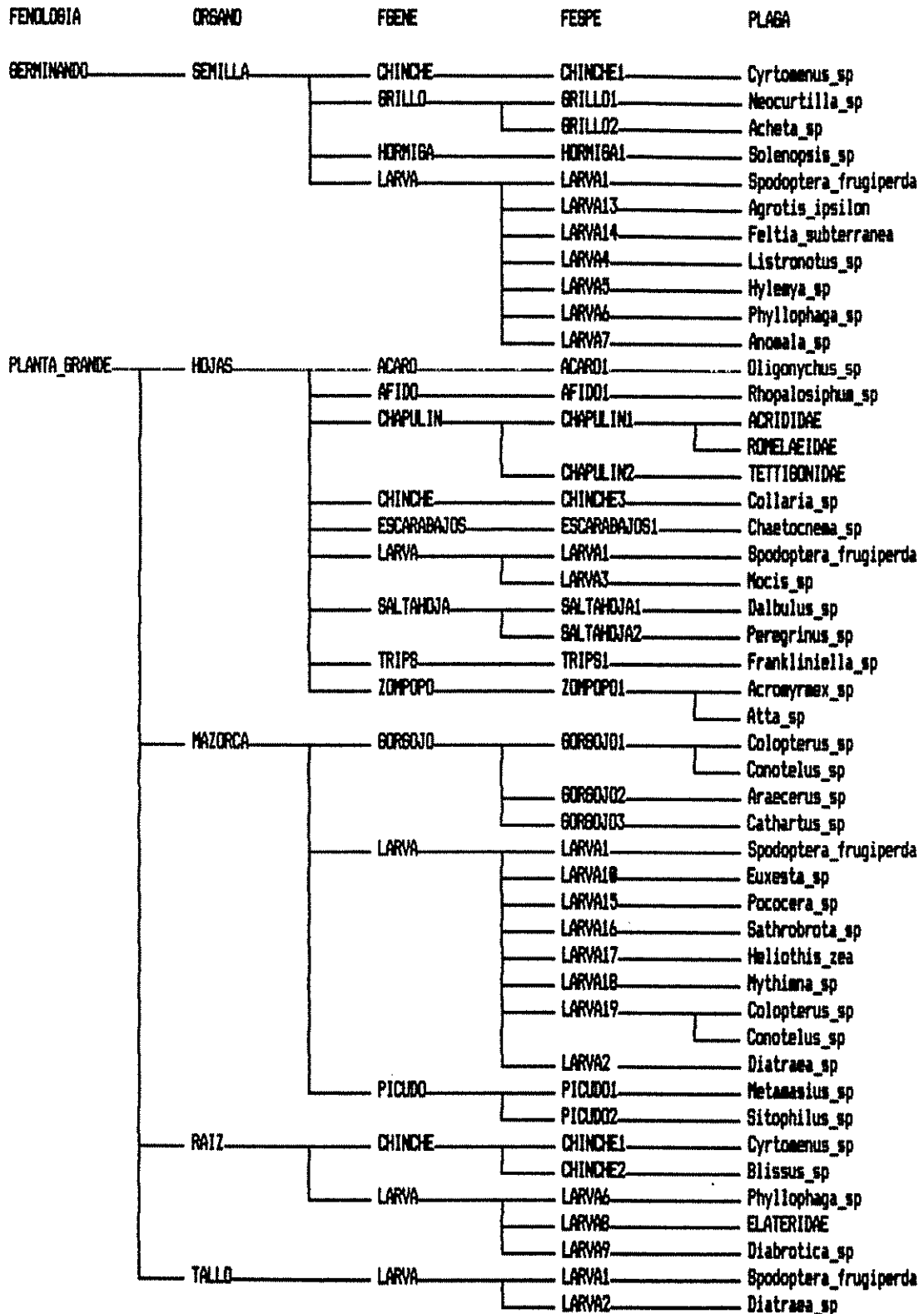


continuación 10.2 Arbol de Decisiones para Insecto y Daño

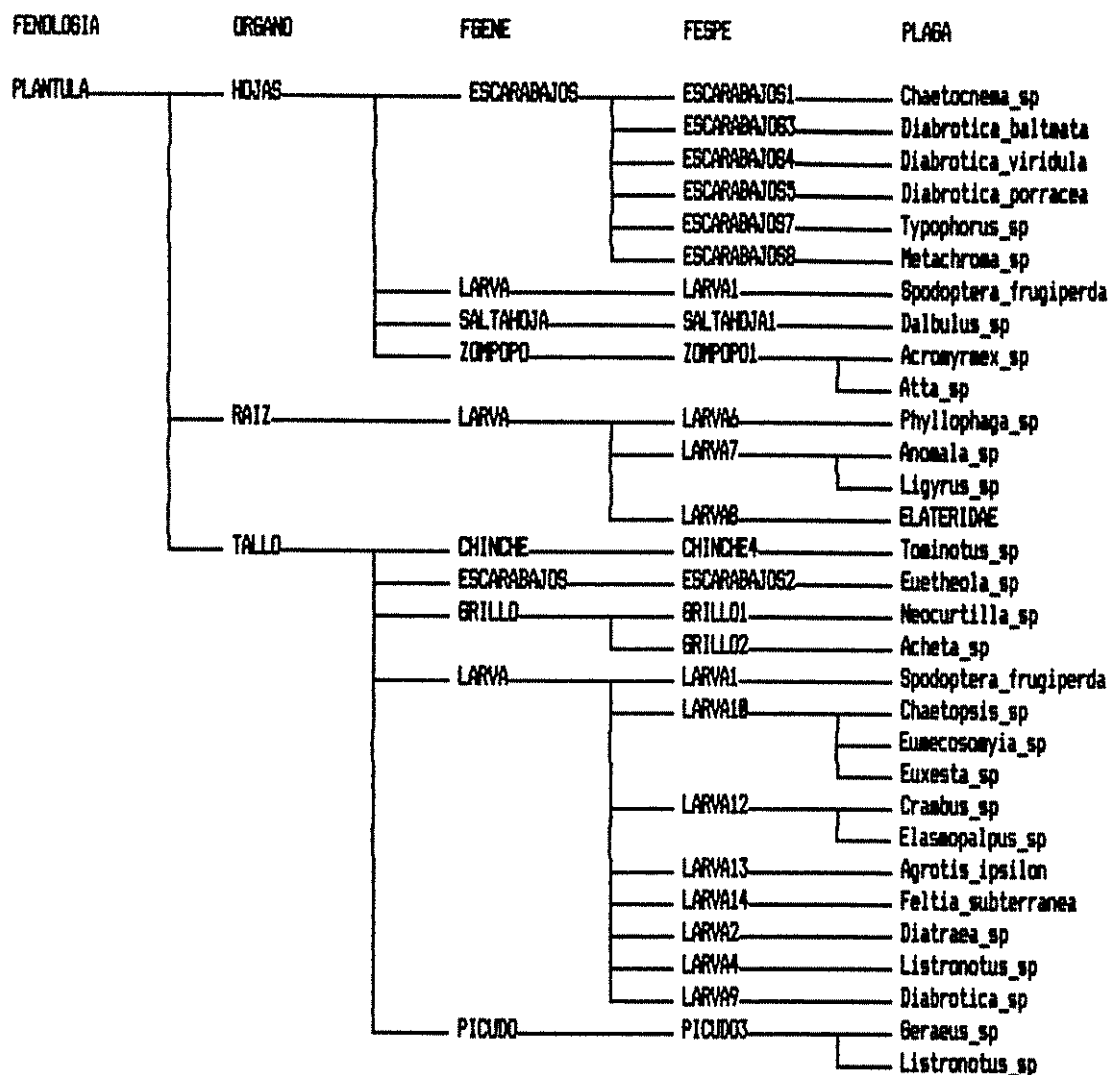


- FENOLOGIA = Estado de desarrollo del cultivo.  
 ORGANO = Organo de la planta atacado por el insecto.  
 FGENE = Forma general del insecto.  
 DGENE = Daño general realizado por el insecto.  
 FESPE = Forma específica del insecto.  
 DESPE = Daño específico realizado por el insecto.  
 PLAGA = Nombre del insecto.

10.3 Arbol de Decisiones para Insecto



continuación 10.3 Arbol de Decisiones para Insecto



FENOLOGIA = Estado de desarrollo del cultivo.

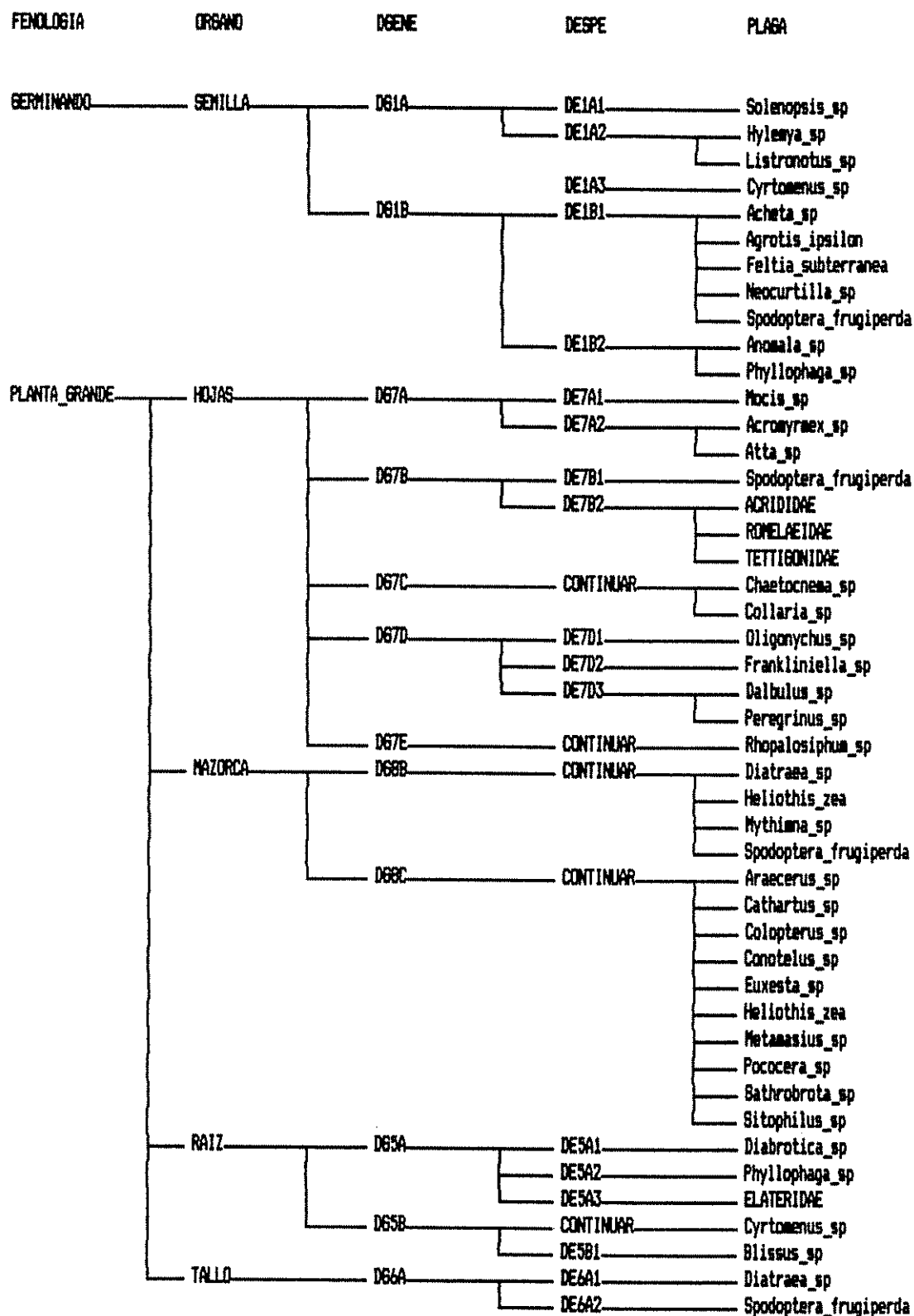
ORGANO = Organo de la planta atacado por el insecto.

FBENE = Forma general del insecto.

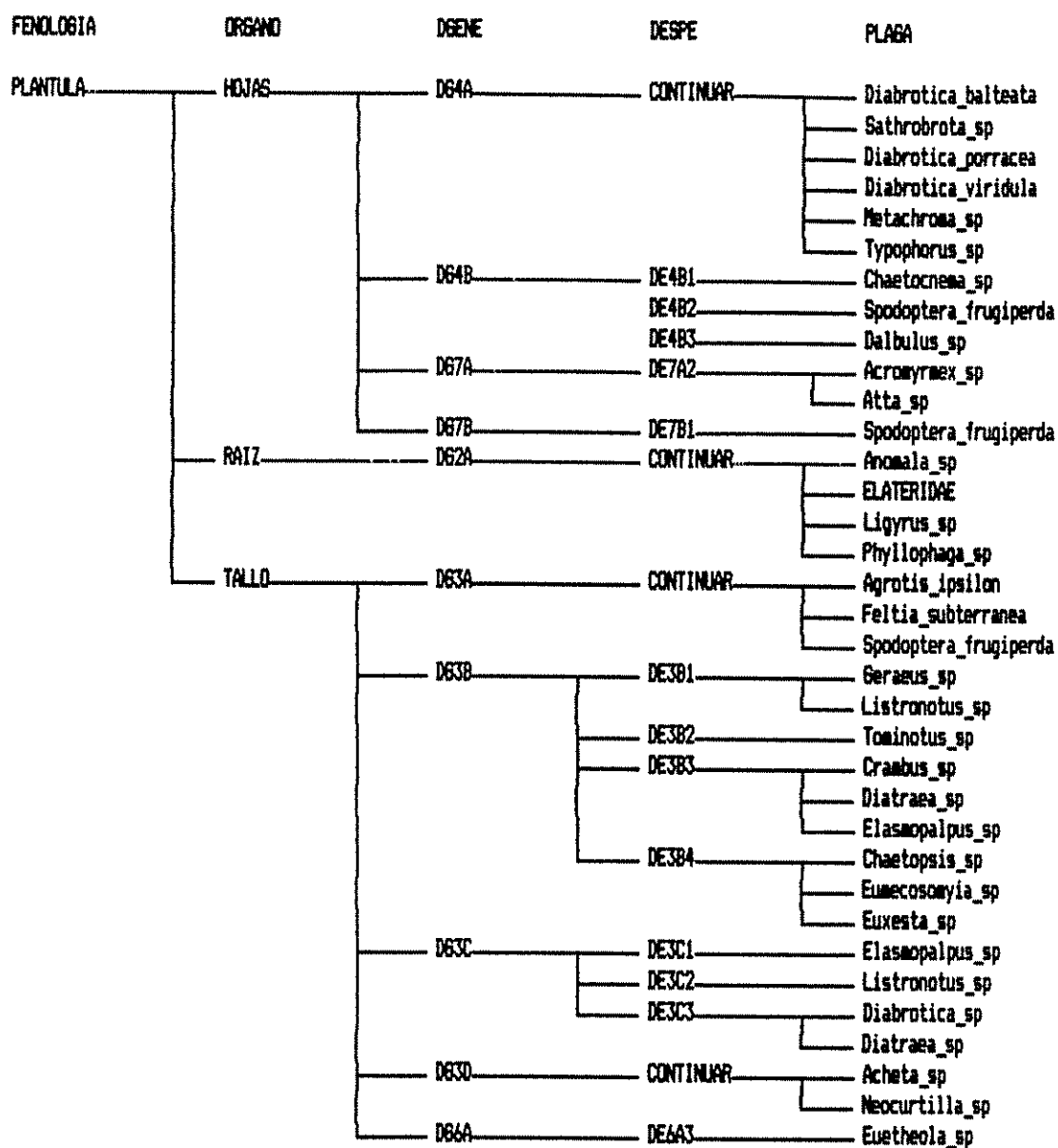
FESPE = Forma específica del insecto.

PLAGA = Nombre del insecto.

## 10.4 Arbol de Decisiones para Daño



continuación 10.4 Arbol de Decisiones para Daño



FENOLOGIA = Estado de desarrollo del cultivo.  
 ORGANO = Organo de la planta atacado por el insecto.  
 DGENE = Daño general realizado por el insecto.  
 DESPE = Daño específico realizado por el insecto.  
 PLAGA = Nombre del insecto.

## 10.5 Arbol de Decisiones para Organo Dañado

ORGANO	PLAGA
HOJAS	ACRIDIDAE
	Acromyrmex_sp
	Atta_sp
	Chaetocnema_sp
	Collaria_sp
	Dalbulus_sp
	Diabrotica_balteata
	Diabrotica_porracea
	Diabrotica_viridula
	Frankliniella_sp
	Metachroma_sp
	Mocis_sp
	Oligonychus_sp
	Peregrinus_sp
	ROMELAEIDAE
	Rhopalosiphum_sp
	Spodoptera_frugiperda
TETTIGONIDAE	
MAZORCA	Typophorus_sp
	Araecerus_sp
	Cathartus_sp
	Colopterus_sp
	Conotelus_sp
	Diatraea_sp
	Euxesta_sp
	Heliothis_zea
	Metamasius_sp
	Mythimna_sp
	Pococera_sp
	Sathrobrotta_sp
	Sitophilus_sp
	Spodoptera_frugiperda
	RAIZ
Blissus_sp	
Cyrtomenus_sp	
Diabrotica_sp	
ELATERIDAE	
Ligyus_sp	
Phyllophaga_sp	

continuación 10.5 Arbol de Decisiones para Organo Dañado

ORGANO	PLAGA
SEMILLA	Acheta_sp
	Agrotis_ipsilon
	Anomala_sp
	Cyrtomenus_sp
	Feltia_subterranea
	Hylemya_sp
	Listronotus_sp
	Neocurtilla_sp
	Phyllophaga_sp
	Solenopsis_sp
	Spodoptera_frugiperda
TALLO	Acheta_sp
	Agrotis_ipsilon
	Chaetopsis_sp
	Crambus_sp
	Diabrotica_sp
	Diatraea_sp
	Elasmopalpus_sp
	Euetheola_sp
	Eumecosomyia_sp
	Euxesta_sp
	Feltia_subterranea
	Geraeus_sp
	Listronotus_sp
	Neocurtilla_sp
	Spodoptera_frugiperda
	Tominotus_sp

ORGANO = Organo de la planta atacado por el insecto.  
 PLAGA = Nombre del insecto.

## 10.6 Arbol de Decisiones para cuando se Supone el Insecto

PLAGA	ORDEN	FAMILIA	FENOLOGIA	ORGANO	FBENE	FESPE	DGENE	DESPE
ACRIDIDAE	ORTHOPTERA	ACRIDIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	CHAPULIN	CHAPULIN1	D67B	DE7B2
Acheta_sp	ORTHOPTERA	GRILLIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	GRILLO	GRILLO2	D61B	DE1B1
			PLANTULA	TALLO	GRILLO	GRILLO2	D63D	CONTINUAR
Acromyrmex_sp	HYMENOPTERA	FORMICIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2
			PLANTULA	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2
Agrotis_epsilon	LEPIDOPTERA	NOCTUIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA13	D61B	DE1B1
			PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA13	D63A	CONTINUAR
Anomala_sp	COLEOPTERA	SCARABAEIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA7	D61B	DE1B2
			PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA7	D62A	CONTINUAR
Araecerus_sp	COLEOPTERA	ANTHRIBIDAE	PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO2	D68C	CONTINUAR
Atta_sp	HYMENOPTERA	FORMICIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2
			PLANTULA	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2
Blissus_sp	HEMIPTERA	LYGAEIDAE	PLANTA GRANDE	RAIZ	CHINCHE	CHINCHE2	D65B	DE5B1
Cathartus_sp	COLEOPTERA	SILVANIDAE	PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO3	D68C	CONTINUAR
Chaetocnema_sp	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS1	D67C	CONTINUAR
			PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS1	D64B	DE4B1
Chaetopsis_sp	DIPTERA	OTITIDAE	PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA10	D63B	DE3B4
Collaria_sp	HEMIPTERA	MIRIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	CHINCHE	CHINCHE3	D67C	CONTINUAR
Colopterus_sp	COLEOPTERA	NITIDULIDAE	PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO1	D68C	CONTINUAR
					LARVA	LARVA19	D68C	CONTINUAR
Conotelus_sp	COLEOPTERA	NITIDULIDAE	PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO1	D68C	CONTINUAR
					LARVA	LARVA19	D68C	CONTINUAR
Crambus_sp	LEPIDOPTERA	PYRALIDAE	PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA12	D63B	DE3B3
Cyrtomenus_sp	HEMIPTERA	CYDNIIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	CHINCHE	CHINCHE1	D61A	DE1A3
			PLANTA GRANDE	RAIZ	CHINCHE	CHINCHE1	D65B	CONTINUAR
Daibulus_sp	HOMOPTERA	CICADELLIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	SALTAHOJA	SALTAHOJA1	D67D	DE7D3
			PLANTULA	HOJAS	SALTAHOJA	SALTAHOJA1	D64B	DE4B3
Diabrotica balteata	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS3	D64A	CONTINUAR
Diabrotica porracea	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS5	D64A	CONTINUAR
Diabrotica_sp	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTA GRANDE	RAIZ	LARVA	LARVA9	D65A	DE5A1
			PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA9	D63C	DE3C3
Diabrotica viridula	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS4	D64A	CONTINUAR
Diatraea_sp	LEPIDOPTERA	PYRALIDAE	PLANTA GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA2	D68B	CONTINUAR
				TALLO	LARVA	LARVA2	D66A	DE6A1
			PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA2	D63B	DE3B3
							D63C	DE3C3
ELATERIDAE	COLEOPTERA	ELATERIDAE	PLANTA GRANDE	RAIZ	LARVA	LARVA8	D65A	DE5A3
			PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA8	D62A	CONTINUAR
Elasmopalpus_sp	LEPIDOPTERA	PYRALIDAE	PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA12	D63B	DE3B3
							D63C	DE3C1
Euetholia_sp	COLEOPTERA	SCARABAEIDAE	PLANTULA	TALLO	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS2	D66A	DE6A3
Eumecosomyia_sp	DIPTERA	OTITIDAE	PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA10	D63B	DE3B4
Euxesta_sp	DIPTERA	OTITIDAE	PLANTA GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA10	D68C	CONTINUAR
			PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA10	D63B	DE3B4
Feltia subterranea	LEPIDOPTERA	NOCTUIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA14	D61B	DE1B1
			PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA14	D63A	CONTINUAR
Frankliniella_sp	THYSANOPTERA	THRIPIDAE	PLANTA GRANDE	HOJAS	TRIPS	TRIPS1	D67D	DE7D2
Geraeus_sp	COLEOPTERA	CURCULIONIDAE	PLANTULA	TALLO	PICUDO	PICUDOS	D63B	DE3B1



continuación 10.6 Arbol de Decisiones para cuando se Supone el Insecto

PLAGA	ORDEN	FAMILIA	FENOLOGIA	ORGANO	FBENE	FESPE	DGENE	DESPE
Heliothis_zea	LEPIDOPTERA	NOCTUIDAE	PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA17	D66B	CONTINUAR
							D66C	CONTINUAR
Hylemya_sp	DIPTERA	ANTHOMYIIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA5	D61A	DE1A2
Ligyrrus_sp	COLEOPTERA	SCARABAEIDAE	PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA7	D62A	CONTINUAR
Listronotus_sp	COLEOPTERA	CURCULIONIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA4	D61A	DE1A2
			PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA4	D63B	DE3B1
					PICUDO	PICUDO3	D63C	DE3C2
Metachroma_sp	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS8	D64A	CONTINUAR
Metamasius_sp	COLEOPTERA	CURCULIONIDAE	PLANTA_GRANDE	MAZORCA	PICUDO	PICUDO1	D66C	CONTINUAR
Mocis_sp	LEPIDOPTERA	NOCTUIDAE	PLANTA_GRANDE	HOJAS	LARVA	LARVA3	D67A	DE7A1
Mythiana_sp	LEPIDOPTERA	NOCTUIDAE	PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA18	D66B	CONTINUAR
Neocurtilla_sp	ORTHOPTERA	GRYLLOTALPIDA	GERMINANDO	SEMILLA	GRILLO	GRILLO1	D61B	DE1B1
			PLANTULA	TALLO	GRILLO	GRILLO1	D63D	CONTINUAR
Oligonychus_sp	ACARI	TETRANYCHIDAE	PLANTA_GRANDE	HOJAS	ACARO	ACARO1	D67D	DE7D1
Peregrinus_sp	HOMOPTERA	DELPHACIDAE	PLANTA_GRANDE	HOJAS	SALTAHOJA	SALTAHOJA2	D67D	DE7D3
Phyllophaga_sp	COLEOPTERA	SCARABAEIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA6	D61B	DE1B2
			PLANTA_GRANDE	RAIZ	LARVA	LARVA6	D63A	DE3A2
			PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA6	D62A	CONTINUAR
Pococera_sp	LEPIDOPTERA	PYRALIDAE	PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA15	D66C	CONTINUAR
ROMELAEIDAE	ORTHOPTERA	ROMELAITDAE	PLANTA_GRANDE	HOJAS	CHAPULIN	CHAPULIN1	D67B	DE7B2
Rhopalosiphum_sp	HOMOPTERA	APHIDIDAE	PLANTA_GRANDE	HOJAS	AFIDO	AFIDO1	D67E	CONTINUAR
Sathrobrotta_sp	LEPIDOPTERA	COSMOPTERIGIDAE	PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA16	D66C	CONTINUAR
Sitophilus_sp	COLEOPTERA	CURCULIONIDAE	PLANTA_GRANDE	MAZORCA	PICUDO	PICUDO2	D66C	CONTINUAR
Solenopsis_sp	HYMENOPTERA	FORMICIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	HORMIGA	HORMIGA1	D61A	DE1A1
Spodoptera_frugiperda	LEPIDOPTERA	NOCTUIDAE	GERMINANDO	SEMILLA	LARVA	LARVA1	D61B	DE1B1
			PLANTA_GRANDE	HOJAS	LARVA	LARVA1	D67B	DE7B1
				MAZORCA	LARVA	LARVA1	D66B	CONTINUAR
				TALLO	LARVA	LARVA1	D66A	DE6A2
			PLANTULA	HOJAS	LARVA	LARVA1	D64B	DE4B2
							D67B	DE7B1
				TALLO	LARVA	LARVA1	D63A	CONTINUAR
TETTIGONIDAE	ORTHOPTERA	TETTIGONIDAE	PLANTA_GRANDE	HOJAS	CHAPULIN	CHAPULIN2	D67B	DE7B2
Tominotus_sp	HEMIPTERA	CYONIDAE	PLANTULA	TALLO	CHINCHE	CHINCHE4	D63B	DE3B2
Typophorus_sp	COLEOPTERA	CHRYSOMELIDAE	PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS7	D64A	CONTINUAR

PLAGA = Nombre del insecto.

ORDEN = El orden del insecto.

FAMILIA = La familia del insecto.

FENOLOGIA = Estado de desarrollo del cultivo.

ORGANO = Organo de la planta atacado por el insecto.

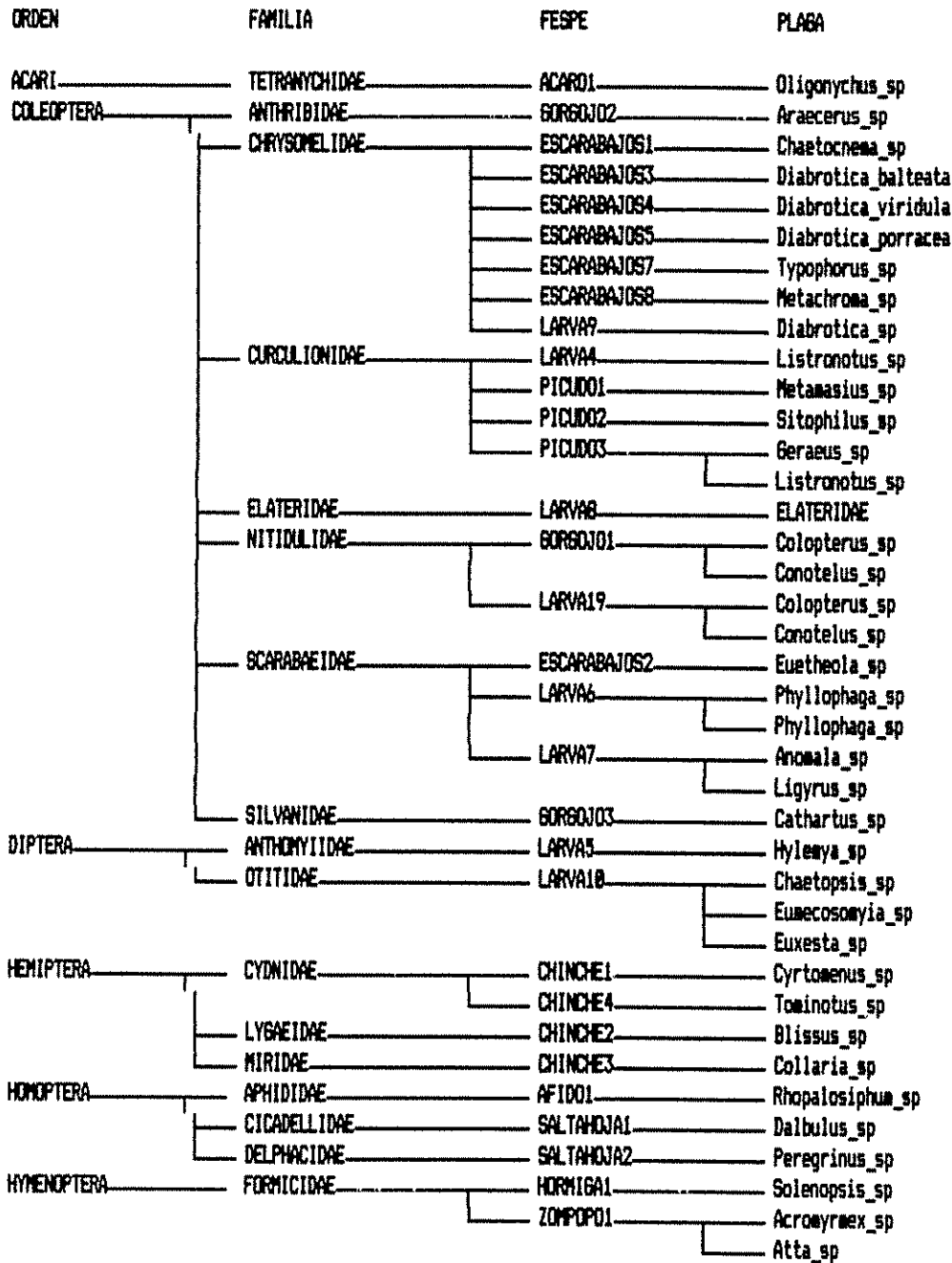
FBENE = Forma general del insecto.

DGENE = Daño general realizado por el insecto.

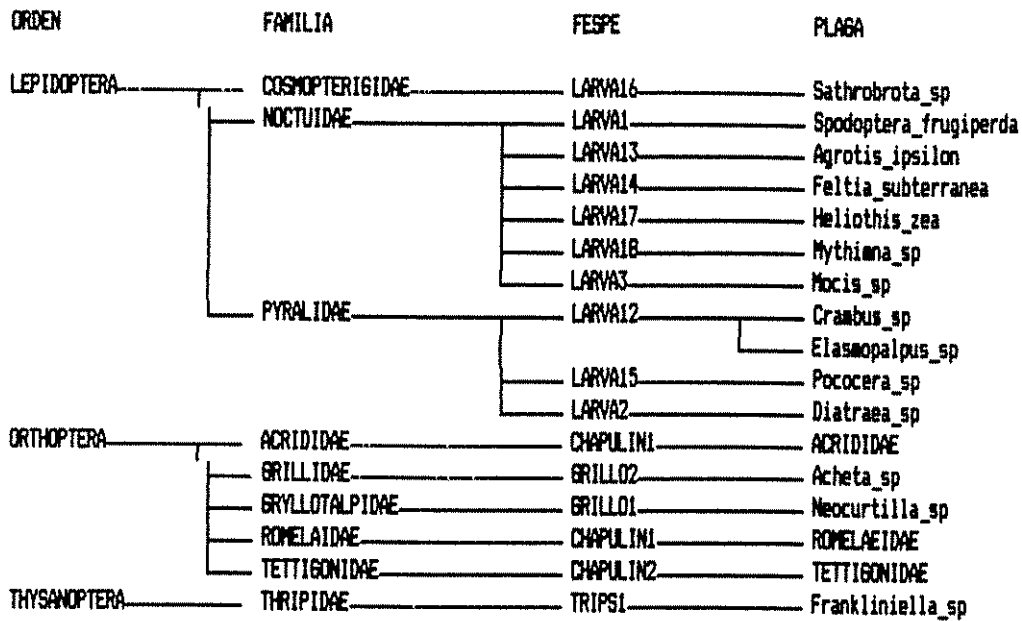
FESPE = Forma específica del insecto.

DESPE = Daño específico realizado por el insecto.

## 10.7 Arbol de Decisiones para Taxonomía



continuación 10.7 Arbol de Decisiones para Taxonomía



ORDEN= El orden del insecto.

FAMILIA= La familia del insecto.

FESPE= La forma específica del insecto.

PLAGA= El nombre del insecto.

## 10.8 Conocimientos sobre los Insectos Plagas de Maíz

### ACRIDIDAE

Orden=ORTHOPTERA familia=ACRIDIDAE forma general=CHAPULIN  
Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS  
Forma Especifica:  
CHAPULINI Grandes patas traseras saltarinas y antenas  
cortas.  
Daño General  
D67B ¿ Agujeros o bordes irregulares mal cortados de las  
hojas, y/o las plantas enteras pueden estar defoliadas ?  
Daño Especifico  
DE7B2 ¿ Agujeros irregulares con bordes mal cortados, en  
las hojas no hay excremento y/o la planta puede  
estar defoliada ?

### Acheta\_sp

Orden=ORTHOPTERA familia=GRILLIDAE forma general=GRILLO  
Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA  
Forma Especifica:  
GRILLO2 Patas sencillas.  
Daño General  
D61B No Emerge  
Daño Especifico  
DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

### Acheta\_sp

Orden=ORTHOPTERA familia=GRILLIDAE forma general=GRILLO  
Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
Forma Especifica:  
GRILLO2 Patas sencillas.  
Daño General  
D63D ¿ Se encontró el tallo cortado, destrozado o  
arrancado y consumido.?  
Daño Especifico  
CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

### Acrocyrmex\_sp

Orden=HYMENOPTERA familia=FORMICIDAE forma general=ZOMPOPO  
Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS  
Forma Especifica:  
ZOMPOPO1 café rojizo.  
Daño General  
D67A ¿ Hojas cortadas pero sin agujeros ?  
Daño Especifico  
DE7A2 ¿ Las hojas están cortadas en secciones semi  
circulares y puede ser que sólo la nervadura central  
permanezca ?

### Agrotis\_ipsilon

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA  
Forma Especifica:  
LARVA13 gris negro o café negro brillante con puntos  
negros.  
Daño General  
D61B No Emerge  
Daño Especifico  
DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

### Agrotis\_ipsilon

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
Forma Especifica:  
LARVA13 gris negro o café negro brillante con puntos  
negros.  
Daño General  
D63A ¿ Cortadura cercana a la superficie del suelo, la  
parte superior de la planta tirada sobre el suelo, a  
veces parcialmente comida, la semilla y la raíz  
intactas ?  
Daño Especifico  
CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

### Anomala\_sp

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA  
Forma Especifica:  
LARVA7 con cabeza café, la región anal hendida de forma  
semicircular o transversal, cuerpo gordo en forma de C.  
Daño General  
D61B No Emerge  
Daño Especifico  
DE1B2 ¿ Rádicula de la semilla comida ?

### Anomala\_sp

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=RAIZ  
Forma Especifica:  
LARVA7 con cabeza café, la región anal hendida de forma  
semicircular o transversal, cuerpo gordo en forma de C.  
Daño General  
D62A ¿ Las plántulas se pueden encontrar marchitas y se  
pueden desenraizar fácilmente al jalarlas, a veces  
las  
hojas son de rojo púrpura, pocas raíces presentes  
Daño Especifico  
CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Araecerus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=ANTHRIBIDAE forma general=GORGJOJ  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

## Forma Especifica:

GORGJOJ2 Adultos pequeños redondos, café opaco y larvas dentro del grano

## Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

## Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Atta\_sp*

Orden=HYMENOPTERA familia=FORMICIDAE forma general=ZOMPOPO  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

## Forma Especifica:

ZOMPOPO1 café rojizo.

## Daño General

D67A ¿ Hojas cortadas pero sin agujeros ?

## Daño Especifico

DE7A2 ¿ Las hojas están cortadas en secciones semi circulares y puede ser que sólo la nervadura central permanezca ?

*Blisus\_sp*

Orden=HEMIPTERA familia=LYGAEIDAE forma general=CHINCHE  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=RAIZ

## Forma Especifica:

CHINCHE2 Pequeños (5mm) blanco con negro, y una forma de X en el dorso. Las ninfas son de color gris o rojo brillante.

## Daño General

D65B ¿ Las plantas con las hojas marchitas a veces, cloróticas o decoloradas, la base del tallo decolorada?

## Daño Especifico

DE5B1 Las hojas pueden estar marchitas si el ataque es tardío (entre de 30-40 días)

*Cathartus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=SILVANIDAE forma general=GORGJOJ  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

## Forma Especifica:

GORGJOJ3 Pequeños café brillante alargados en granos maduros y secos.

## Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en

estado de descomposición

## Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Chaetocnema\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma general=ESCARABAJOS

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS

## Forma Especifica:

ESCARABAJOS1 negros brillantes, pequeños, saltarines de 2mm de largo

## Daño General

D64B ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas blancuzcas o ventanas?

## Daño Especifico

DE4B1 ¿ Las hojas con marcas blancuzcas, la mayor parte cerca de la punta, que puede aparecer quemada; las hojas menores son afectadas primero ?

*Chaetocnema\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma general=ESCARABAJOS

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

## Forma Especifica:

ESCARABAJOS1 negros brillantes, pequeños, saltarines de 2mm de largo

## Daño General

D67C ¿Las hojas con pequeños parches blancuzcos y punteados?

## Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Chaetopsis\_sp*

Orden=DIPTERA familia=OTITIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO

## Forma Especifica:

LARVA10 Delgadas blancas o amarillas, sin patas y sin cabeza.

## Daño General

D63B ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?

## Daño Especifico

DE3B4 ¿ Pudrición aguada del interior del tallo con o sin presencia de larvas, sin el tallo rajado ?

*Collaria\_sp*

Orden=HEMIPTERA familia=NIRIDAE forma general=CHINCHE

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

## Forma Especifica:

CHINCHE3 Café negros, pequeños (7-9 mm) y elongados y

patas largas.

Daño General

D67C ¿Las hojas con pequeños parches blancuzcos y punteados?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Colopterus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=NITIDULIDAE forma general=GORGUJO

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte

atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

GORGUJO1 Café o negros, aplastados, ovoides, lisos brillante, pequeños, junto a larvas color crema.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Colopterus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=NITIDULIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte

atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

LARVA19 Pequeñas color crema, junto con gorgojos café o negro aplastados, ovoides, lisos brillantes.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Conotelus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=NITIDULIDAE forma general=GORGUJO

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte

atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

GORGUJO1 Café o negros, aplastados, ovoides, lisos brillante, pequeños, junto a larvas color crema.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Conotelus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=NITIDULIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte

atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

LARVA19 Pequeñas color crema, junto con gorgojos café o negro aplastados, ovoides, lisos brillantes.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Cyrtomenus\_sp*

Orden=HEMIPTERA familia=CYDNIDAE forma general=CHINCHE

Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA

Forma Especifica:

CHINCHE1 Café brillante o rojo café brillante con el abdomen blancuzco con placas horizontales o puntos esclerotizados entre 2-7 mm, o café negro brillante con patas espinosas, tamaño 7-10 mm.

Daño General

D61A No Germina

Daño Especifico

DE1A3 ¿La semilla se encuentra podrida ?

*Cyrtomenus\_sp*

Orden=HEMIPTERA familia=CYDNIDAE forma general=CHINCHE

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=RAIZ

Forma Especifica:

CHINCHE1 Café brillante o rojo café brillante con el abdomen blancuzco con placas horizontales o puntos esclerotizados entre 2-7 mm, o café negro brillante con patas espinosas, tamaño 7-10 mm.

Daño General

D65B ¿ Las plantas con las hojas marchitas a veces, cloróticas o decoloradas, la base del tallo decolorada?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Dalbulus\_sp*

Orden=HOMOPTERA familia=CICADELLIDAE forma

general=SALTAMUJA

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS

Forma Especifica:

SALTAMUJA1 Amarillo paja con manchas redondas negras sobre la cabeza y 5 mm de largo. Ninfas color blanco amarillento

Daño General

D64B ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas blancuzcas o ventanas?

Daño Especifico

DE4B3 ¿ Las hojas con marcas blancuzcas generalizadas y las hojas son de color verde pálido ?

*Dalbulus\_sp*

Orden=HOMOPTERA familia=CICADELLIDAE forma  
 general=SALTAMONJA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA GRANDE Parte atacada=HOJAS  
 Forma Especifica:  
 SALTAMONJA1 Amarillo paja con manchas redondas negras sobre  
 la cabeza y 5 mm de largo. Ninfas color blanco  
 amarillento  
 Daño General  
 D67D ¿ Hay hojas cloróticas y amarillentas ?  
 Daño Especifico  
 DE7D3 ¿ Las bases de las hojas cloróticas, y/o plantas  
 achaparradas ?

*Diabrotica\_balteata*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma  
 general=ESCARABAJOS  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS  
 Forma Especifica:  
 ESCARABAJOS3 Amarillo paja con manchas redondas negras  
 sobre  
 la cabeza y 5 mm de largo. Ninfas color blanco  
 amarillento  
 Daño General  
 D64A ¿Agujeros de todos los tamaños que no están  
 confinados al cogollo; defoliación total en caso de  
 ataque fuerte?  
 Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Diabrotica\_porracea*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma  
 general=ESCARABAJOS  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS  
 Forma Especifica:  
 ESCARABAJOS5 Verdes con manchas longitudinales amarillas  
 Daño General  
 D64A ¿Agujeros de todos los tamaños que no están  
 confinados al cogollo; defoliación total en caso de  
 ataque fuerte?  
 Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Diabrotica\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA9 delgada, color cremoso pálido o blanquizco, cabeza  
 café, placa esclerotizada sobre el último segmento,

hasta 10 mm de longitud.

Daño General  
 D63C ¿Tallo dañado pero sin corazón muerto ?  
 Daño Especifico  
 DE3C3 ¿ El tallo se encuentra barrenado o perforado ?

*Diabrotica\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA GRANDE Parte atacada=RAIZ  
 Forma Especifica:  
 LARVA9 delgada, color cremoso pálido o blanquizco, cabeza  
 café, placa esclerotizada sobre el último segmento,  
 hasta 10 mm de longitud.  
 Daño General  
 D65A ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas  
 blanquizcas o ventanas?  
 Daño Especifico  
 DE5A1 ¿ Las raíces más grandes están llenas de pequeños  
 agujeros, hay proliferación de raíces finas, y/o  
 podridas de color café oscuro ?

*Diabrotica\_yiridula*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma  
 general=ESCARABAJOS  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS  
 Forma Especifica:  
 ESCARABAJOS4 Verdes con marcas café rojizo y amarillo.  
 Daño General  
 D64A ¿Agujeros de todos los tamaños que no están  
 confinados al cogollo; defoliación total en caso de  
 ataque fuerte?  
 Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Diatraea\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA2 Blancas con puntos negros o café y de hasta  
 20-25 mm de largo  
 Daño General  
 D63B ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la  
 base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?  
 Daño Especifico  
 DE3B3 ¿ Los tallos barrenados, y/o un agujero al nivel del  
 suelo con tela y excremento adjunto?

*Diatraea\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA2 Blancas con puntos negros o café y de hasta  
 20-25 mm de largo  
 Daño General  
 DG3C ¿Tallo dañado pero sin corazón muerto?  
 Daño Especifico  
 DE3C3 ¿El tallo se encuentra barrenado o perforado?

*Diatraea\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA2 Blancas con puntos negros o café y de hasta  
 20-25 mm de largo  
 Daño General  
 DG6A ¿Tallo perforado o carcomido?  
 Daño Especifico  
 DE6A1 ¿Tallo perforado, hay galerías dentro de los  
 entrenudos y/o la parte de arriba de la planta y/o  
 la flor pueden estar muertas?

*Diatraea\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte  
 atacada=MAZORCA  
 Forma Especifica:  
 LARVA2 Blancas con puntos negros o café y de hasta  
 20-25 mm de largo  
 Daño General  
 DG8B ¿Granos dañados en la mazorca y/o el corazón minado  
 y las hojas que envuelven la mazorca sin daño  
 aparente?  
 Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

## ELATERIDAE

Orden=COLEOPTERA familia=ELATERIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=RAIZ  
 Forma Especifica:  
 LARVA8 amarillo café, cuerpo duro brillante y alargado.  
 Daño General  
 DG2A ¿Las plántulas se pueden encontrar marchitas y se  
 pueden desenraizar fácilmente al halarlas, a veces  
 las  
 hojas son de rojo púrpura, pocas raíces presentes  
 Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

## ELATERIDAE

Orden=COLEOPTERA familia=ELATERIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=RAIZ  
 Forma Especifica:  
 LARVA8 amarillo café, cuerpo duro brillante y alargado.  
 Daño General  
 DG5A ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas  
 blancuzcas o ventanas?  
 Daño Especifico  
 DE5A3 ¿Hay pequeños agujeros taladrados en las raíces  
 mayores y en la base del tallo?

*Elasmopalpus\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA12 Cuerpo con líneas longitudinales continuas  
 blancas, cuerpo pequeño, color púrpura, se mueve mucho  
 Daño General  
 DG3B ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la  
 base, las plantas pueden estar marchitas o muertas?  
 Daño Especifico  
 DE3B3 ¿Los tallos barrenados, y/o un agujero al nivel del  
 suelo con tela y excremento adjunto?

*Elasmopalpus\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA12 Cuerpo con líneas longitudinales continuas  
 blancas, cuerpo pequeño, color púrpura, se mueve mucho  
 Daño General  
 DG3C ¿Tallo dañado pero sin corazón muerto?  
 Daño Especifico  
 DE3C1 ¿Hay hojas recientemente abiertas con línea(s)  
 transversal (es) perforadas, y/o agujero a nivel del  
 suelo con telaraña y partículas del suelo pegadas?

*Eumecosomyia\_sp*

Orden=DIPTERA familia=OTITIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA10 Delgadas blancas o amarillas, sin patas y sin  
 cabeza.  
 Daño General  
 DG3B ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la  
 base, las plantas pueden estar marchitas o muertas?  
 Daño Especifico  
 DE3B4 ¿Podrición aguada del interior del tallo con o sin



presencia de larvas, sin el tallo rajado ?

*Eutheola\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=ESCARABAJOS  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 ESCARABAJOS2 Negros, de forma ovoide de 11-16 mm de largo (se presentan en Mayo-Julio).  
 Daño General  
 D66A ¿ Tallos perforados o carcomidos ?  
 Daño Especifico  
 DE6A3 ¿ Plántulas cortadas por debajo del nivel del suelo?

*Euxesta\_sp*

Orden=DIPTERA familia=OTITIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA10 Delgadas blancas o amarillas, sin patas y sin cabeza.  
 Daño General  
 D63B ¿ Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?  
 Daño Especifico  
 DE3B4 ¿ Pudrición aguada del interior del tallo con o sin presencia de larvas, sin el tallo rajado ?

*Euxesta\_sp*

Orden=DIPTERA familia=OTITIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA  
 Forma Especifica:  
 LARVA10 Delgadas blancas o amarillas, sin patas y sin cabeza.  
 Daño General  
 D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?  
 Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Feltia\_subterranea*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 LARVA14 Gris opaco con marcas V de color más claro en el lomo.  
 Daño General  
 D63A ¿ Cortadura cercana a la superficie del suelo, la parte superior de la planta tirada sobre el suelo, a veces parcialmente comida, la semilla y la raíz

intactas ?

Daño Especifico  
 CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Feltia\_subterranea*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA  
 Forma Especifica:  
 LARVA14 Gris opaco con marcas V de color más claro en el lomo.  
 Daño General  
 D61B No Emerge  
 Daño Especifico  
 DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

*Frankliniella\_sp*

Orden=THYSANOPTERA familia=THRIPIDAE forma general=TRIPS  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS  
 Forma Especifica:  
 TRIPSI amarillo verdoso pálido.  
 Daño General  
 D67D ¿ Hay hojas cloróticas y amarillentas ?  
 Daño Especifico  
 DE7D2 ¿ Las hojas del cogollo amarillentas, y/o el crecimiento retardado ?

*Gerzeus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CURCULIONIDAE forma general=PICUDO  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO  
 Forma Especifica:  
 PICUDO3 pequeños café grisáceo.  
 Daño General  
 D63B ¿ Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?  
 Daño Especifico  
 DE3B1 ¿ El tallo se deforma y abre o raja, puede haber un agujero pequeño a nivel del suelo ?

*Heliothis\_zea*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
 Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA  
 Forma Especifica:  
 LARVA17 Verdes, amarillas o rosado gris, pueden ser multicolores, tubérculos negros.  
 Daño General  
 D68B ¿ Granos dañados en la mazorca y/o el corazón minado y las hojas que envuelven la mazorca sin daño aparente ?

Daño Especifico  
CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Heliothis\_zea*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

LARVA17 Verdes, amarillas o rosado gris, pueden ser multicolores, tubérculos negros.

Daño General

D66C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Hylemya\_sp*

Orden=DIPTERA familia=ANTHONYIIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA

Forma Especifica:

LARVA5 pequeñas, sin capsula de la cabeza, cuerpo alargado

Daño General

D61A No Germina

Daño Especifico

DE1A2 ¿La semilla tiene endosperma húmedo y está barrenado o perforado?

*Ligyris\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=RAIZ

Forma Especifica:

LARVA7 con cabeza café, la región anal hendida de forma semicircular o transversal, cuerpo gordo en forma de C.

Daño General

D62A ¿Las plántulas se pueden encontrar marchitas y se pueden desenraizar fácilmente al jalarlas, a veces las

hojas son de rojo púrpura, pocas raíces presentes

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Listronotus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CURCULIONIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA

Forma Especifica:

LARVA4 Pálidas o blancas, pequeñas sin patas, cabeza café.

Daño General

D61A No Germina

Daño Especifico

DE1A2 ¿La semilla tiene endosperma húmedo y está barrenado o perforado?

*Listronotus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CURCULIONIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO

Forma Especifica:

LARVA4 Pálidas o blancas, pequeñas sin patas, cabeza café.

Daño General

D63B ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?

Daño Especifico

DE3B1 ¿ El tallo se deforma y abre o raja, puede haber un agujero pequeño a nivel del suelo ?

*Listronotus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CURCULIONIDAE forma general=PICUDO

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO

Forma Especifica:

PICUDO3 pequeños café grisáceo.

Daño General

D63C ¿Tallo dañado pero sin corazón muerto ?

Daño Especifico

DE3C2 ¿ Las hojas del cogollo perforadas hasta el tallo y las hojas expandidas con agujeros irregulares, a veces alargados, y/o agujeros pequeños confinados al cogollo interior ?

*Metachroma\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma general=ESCARABAJOS

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS

Forma Especifica:

ESCARABAJOS8 Café oscuro brillante o negro alargado.

Daño General

D64A ¿Agujeros de todos los tamaños que no están confinados al cogollo; defoliación total en caso de ataque fuerte?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Metamasius\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CURCULIONIDAE forma general=PICUDO

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

PICUDO1 grande (10-15 mm), negro y con manchas café y naranja.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Mocis\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS  
Forma Especifica:

LARVA3 medidoras amarillo y café, rayadas, la cabeza con líneas negras.

Daño General

D67A ¿ Hojas cortadas pero sin agujeros ?

Daño Especifico

DE7A1 ¿ Existen grandes áreas irregulares comidas en las hojas maduras, a veces sólo permanece la nervadura central ?

*Mythiana\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

LARVA18 Gris con la cabeza moteada de café claro a beige con rayas longitudinales color café.

Daño General

D68B ¿ Granos dañados en la mazorca y/o el corazón minado y las hojas que envuelven la mazorca sin daño aparente ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Neocurtilla\_sp*

Orden=ORTHOPTERA familia=GRYLLotalpidae forma general=GRILLO

Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA

Forma Especifica:

GRILLO1

Daño General

D61B No Emerge

Daño Especifico

DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

*Neocurtilla\_sp*

Orden=ORTHOPTERA familia=GRYLLotalpidae forma general=GRILLO

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO

Forma Especifica:

GRILLO1 Patas delanteras en forma de garras.

Daño General

D63D ¿ Se encontró el tallo cortado, destrozado o arrancado y consumido.

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Oligonychus\_sp*

Orden=ACARI familia=TETRANYCHIDAE forma general=ACARO  
Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS  
Forma Especifica:

ACARO1 rojo y con rápidos movimientos.

Daño General

D67D ¿ Hay hojas cloróticas y amarillentas ?

Daño Especifico

DE7D1 ¿ Las hojas cloróticas, y presencia de telarañas sedosas ?

*Peregrinus\_sp*

Orden=HOMOPTERA familia=DELPHACIDAE forma general=SALTAMONJA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS  
Forma Especifica:

SALTAMONJA2 Color gris blanco o arenoso pálido con alas transparentes con moteado café negro.

Daño General

D67D ¿ Hay hojas cloróticas y amarillentas ?

Daño Especifico

DE7D3 ¿ Las bases de las hojas cloróticas, y/o plantas achaparradas ?

*Phyllophaga\_sp.*

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA  
Forma Especifica:

LARVA6 con cabeza anaranjada, la región anal hendida de forma de V o Y, cuerpo gordo en forma de C

Daño General

D61B No Emerge

Daño Especifico

DE1B2 ¿ Rádicula de la semilla comida ?

*Phyllophaga\_sp.*

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=LARVA  
Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=RAIZ  
Forma Especifica:

LARVA6 con cabeza anaranjada, la región anal hendida de forma de V o Y, cuerpo gordo en forma de C

Daño General

D62A ¿Las plántulas se pueden encontrar marchitas y se

pueden desenraizar fácilmente al halarlas, a veces las

hojas son de rojo púrpura, pocas raíces presentes

Daño Específico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Phyllophaga\_sp.*

Orden=COLEOPTERA familia=SCARABAEIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=RAIZ

Forma Específica:

LARVA6 con cabeza anaranjada, la región anal hendida de forma de V o Y, cuerpo gordo en forma de C

Daño General

D65A ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas blancuzcas o ventanas?

Daño Específico

DE5A2 ¿Las raíces comidas y cortadas ?

*Pococera\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=PYRALIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte

atacada=MAZORCA

Forma Específica:

LARVA15 Pequeñas, café gris, cabeza negra, se contorsiona cuando se molestan.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Específico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

ROMELAIIDAE

Orden=ORTHOPTERA familia=ROMELAIIDAE forma general=CHAPULIN

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

Forma Específica:

CHAPULINI Grandes patas traseras saltarinas y antenas cortas.

Daño General

D67B ¿ Agujeros o bordes irregulares mal cortados de las hojas, y/o las plantas enteras pueden estar defoliadas ?

Daño Específico

DE7B2 ¿ Agujeros irregulares con bordes mal cortados, en las hojas no hay excremento y/o la planta puede estar defoliada ?

*Rhopalosiphum\_sp*

Orden=HOMOPTERA familia=APHIDIDAE forma general=AFIDO

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

Forma Específica:

AFID01 verde gris a verde azulado se encuentra

en colonias

Daño General

D67E ¿ Las hojas superiores pegajosas y pueden estar ennegrecidas ?

Daño Específico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Sathrobrotia\_sp*

Orden=LEPIDOPTERA familia=COSMOPTERIGIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

Forma Específica:

LARVA16 pequeñas, rosado pálido translúcido.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Específico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Sitophilus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CURCULIONIDAE forma general=PICUDO

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=MAZORCA

Forma Específica:

PICUDO2 gris, pequeño, elongado, y larvas blancuzcas dentro del grano seco y polvoso.

Daño General

D68C ¿ Sobre mazorcas parcialmente dañadas, mojadas o en estado de descomposición ?

Daño Específico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

*Solenopsis\_sp*

Orden=HYMENOPTERA familia=FORMICIDAE forma general=HORMIGA

Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA

Forma Específica:

HORMIGA1 Color negra.

Daño General

D61A No Germina

Daño Específico

DE1A1 ¿La semilla está comida y seca dejando cascaritas?

*Spodoptera\_frugiperda*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=GERMINADO Parte atacada=SEMILLA

Forma Específica:

LARVA1 con 4 puntos (:) en el penúltimo segmento formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza,

pequeñas son de color verdes y negras, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño General

DG18 No Emerge

Daño Especifico

DE1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

#### *Spodoptera frugiperda*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO

Forma Especifica:

LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verdes y negras, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño General

DG3A ¿Cortadura cercana a la superficie del suelo, la parte superior de la planta tirada sobre el suelo, a veces parcialmente comida, la semilla y la raíz intactas ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

#### *Spodoptera frugiperda*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS

Forma Especifica:

LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verdes y negras, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño General

DG4B ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas blancuzcas o ventanas?

Daño Especifico

DE4B2 ¿ Las hojas con áreas del mesófilo carcomido por debajo, dejando ventanas transparentes sobre la epidermis superior, y/o las hojas perforadas o esclerotizadas ?

#### *Spodoptera frugiperda*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=TALLO

Forma Especifica:

LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verdes y negras, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño General

DG6A ¿ Tallos perforados o carcomidos ?

Daño Especifico

DE6A2 ¿ Tallos quebrados en la superficie del suelo; galería corta carcomida en la base del tallo, puede causar corazón muerto y proliferación de hijos ?

#### *Spodoptera frugiperda*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

Forma Especifica:

LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verdes y negras, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño General

DG7B ¿ Agujeros o bordes irregulares mal cortados de las hojas, y/o las plantas enteras pueden estar defoliadas ?

Daño Especifico

DE7B1 ¿ Grandes áreas de las hojas del COGOLLO comidas y presentan agujeros grandes irregulares, hay mucho excremento ?

#### *Spodoptera frugiperda*

Orden=LEPIDOPTERA familia=NOCTUIDAE forma general=LARVA

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte

atacada=MAZORCA

Forma Especifica:

LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verdes y negras, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño General

DG8B ¿ Granos dañados en la mazorca y/o el corazón minado y las hojas que envuelven la mazorca sin daño aparente ?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

#### TETTIGONIDAE

Orden=ORTHOPTERA familia=TETTIGONIDAE forma

general=CHAPULIN

Desarrollo del cultivo=PLANTA\_GRANDE Parte atacada=HOJAS

Forma Especifica:

CHAPULIN2 Grandes patas traseras saltarinas y antenas largas.

Daño General

DG7B ¿ Agujeros o bordes irregulares mal cortados de las hojas, y/o las plantas enteras pueden estar defoliadas ?

Daño Especifico

DE7B2 ¿ Agujeros irregulares con bordes mal cortados, en las hojas no hay excremento y/o la planta puede estar defoliada ?

*Tomnotus\_sp*

Orden=HEMIPTERA familia=CYONIDAE forma general=CHINCHE  
 Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=TALLO

Forma Especifica:

CHINCHE4 Café brillante o café negro brillante con patas  
 espinosas y tamaño de 5mm.

Daño General

D63B ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la  
 base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?

Daño Especifico

DE3B2 ¿ La base del tallo teñida de café, y/o las hojas  
 marchitas y/o cloróticas ?

*Typophorus\_sp*

Orden=COLEOPTERA familia=CHRYSOMELIDAE forma  
 general=ESCARABAJOS

Desarrollo del cultivo=PLANTULA Parte atacada=HOJAS

Forma Especifica:

ESCARABAJOS7 Negro brillante ovalado a redondo, de 5mm de  
 largo.

Daño General

D64A ¿Agujeros de todos los tamaños que no están  
 confinados al cogollo; defoliación total en caso de  
 ataque fuerte?

Daño Especifico

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos

## 10.9 Listado del Archivo de la Base de Datos Diag.dbf

FENOLOGIA	ORSANO	FGENE	FESPE	DGENE	DESPE	PLAGA	FAMILIA	ORDEN
PLANTA GRANDE GERMINADO	HOJAS	CHAPULIN	CHAPULIN1	D67B	DE7B2	ACRIDIDAE	ACRIDIDAE	ORTHOPTERA
PLANTULA	SEMILLA	GRILLO	GRILLO2	D61B	DE1B1	Acheta_sp	GRILLIDAE	ORTHOPTERA
PLANTULA	TALLO	GRILLO	GRILLO2	D63D	CONTINUAR	Acheta_sp	GRILLIDAE	ORTHOPTERA
PLANTA GRANDE	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2	Acromyrmex_sp	FORMICIDAE	HYMENOPTERA
PLANTA GRANDE GERMINADO	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2	Acromyrmex_sp	FORMICIDAE	HYMENOPTERA
PLANTULA	SEMILLA	LARVA	LARVA13	D61B	DE1B1	Agrotis_ipsisilon	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA13	D63A	CONTINUAR	Agrotis_ipsisilon	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA7	D62A	CONTINUAR	Anomala_sp	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	SEMILLA	LARVA	LARVA7	D61B	DE1B2	Anomala_sp	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO2	D68C	CONTINUAR	Araecerus_sp	ANTHRIBIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2	Atta_sp	FORMICIDAE	HYMENOPTERA
PLANTULA	HOJAS	ZOMPOPO	ZOMPOPO1	D67A	DE7A2	Atta_sp	FORMICIDAE	HYMENOPTERA
PLANTA GRANDE	RAIZ	CHINCHE	CHINCHE2	D65B	DE5B1	Blissus_sp	LYGAEOIDAE	HEMIPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO3	D68C	CONTINUAR	Cathartus_sp	SILVANIIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS1	D64B	DE4B1	Chaetocnema_sp	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS1	D67C	CONTINUAR	Chaetocnema_sp	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA10	D63B	DE3B4	Chaetopsis_sp	OTITIDAE	DIPTERA
PLANTA GRANDE	HOJAS	CHINCHE	CHINCHE3	D67C	CONTINUAR	Collaria_sp	MIRIDAE	HEMIPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO1	D68C	CONTINUAR	Colopterus_sp	NITIDULIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA19	D68C	CONTINUAR	Colopterus_sp	NITIDULIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA19	D68C	CONTINUAR	Conotelus_sp	NITIDULIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	GORGUJO	GORGUJO1	D68C	CONTINUAR	Conotelus_sp	NITIDULIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA12	D63B	DE3B3	Crambus_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	CHINCHE	CHINCHE1	D61A	DE1A3	Cyrtomenus_sp	CYONIDAE	HEMIPTERA
PLANTA GRANDE	RAIZ	CHINCHE	CHINCHE1	D65B	CONTINUAR	Cyrtomenus_sp	CYONIDAE	HEMIPTERA
PLANTA GRANDE	HOJAS	SALTAMUJA	SALTAMUJA1	D67D	DE7D3	Dalbulus_sp	CICADELLIDAE	HOMOPTERA
PLANTULA	HOJAS	SALTAMUJA	SALTAMUJA1	D64B	DE4B3	Dalbulus_sp	CICADELLIDAE	HOMOPTERA
PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS3	D64A	CONTINUAR	Diabrotica_balteata	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS5	D64A	CONTINUAR	Diabrotica_porracea	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA9	D63C	DE3C3	Diabrotica_sp	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	RAIZ	LARVA	LARVA9	D65A	DE5A1	Diabrotica_sp	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS4	D64A	CONTINUAR	Diabrotica_viridula	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTA GRANDE	TALLO	LARVA	LARVA2	D66A	DE6A1	Diatraea_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA2	D68B	CONTINUAR	Diatraea_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA2	D63B	DE3B3	Diatraea_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA2	D63C	DE3C3	Diatraea_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA GRANDE	RAIZ	LARVA	LARVA8	D65A	DE5A3	ELATERIDAE	ELATERIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA8	D62A	CONTINUAR	ELATERIDAE	ELATERIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA12	D63C	DE3C1	Elasmopalpus_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA12	D63B	DE3B3	Elasmopalpus_sp	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS2	D66A	DE6A3	Euethola_sp	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA10	D63B	DE3B4	Eumecosomyia_sp	OTITIDAE	DIPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA10	D63B	DE3B4	Euxesta_sp	OTITIDAE	DIPTERA
PLANTA GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA10	D68C	CONTINUAR	Euxesta_sp	OTITIDAE	DIPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA14	D63A	CONTINUAR	Feltia_subterranea	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA

continuación 10.9 Listado del Archivo de la Base de Datos  
Diag.dbf

FENOLOGIA	ORGANO	FGENE	FESPE	DGENE	DESPE	PLAGA	FAMILIA	ORDEN
GERMINADO	SEMILLA	LARVA	LARVA14	D618	DE181	<i>Feltia_subterranea</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	TRIPS	TRIPS1	D67D	DE7D2	<i>Frankliniella_sp</i>	THRIPIDAE	THYSANOPTERA
PLANTULA	TALLO	PICUDO	PICUDO3	D63B	DE3B1	<i>Geraeus_sp</i>	CURCULIONIDAE	COLEOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA17	D68B	CONTINUAR	<i>Heliothis_zea</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA17	D68C	CONTINUAR	<i>Heliothis_zea</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	LARVA	LARVA5	D61A	DE1A2	<i>Hylemya_sp</i>	ANTHOMYIDAE	DIPTERA
PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA7	D62A	CONTINUAR	<i>Ligyus_sp</i>	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	PICUDO	PICUDO3	D63C	DE3C2	<i>Listronotus_sp</i>	CURCULIONIDAE	COLEOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	LARVA	LARVA4	D61A	DE1A2	<i>Listronotus_sp</i>	CURCULIONIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA4	D63B	DE3B1	<i>Listronotus_sp</i>	CURCULIONIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS8	D64A	CONTINUAR	<i>Metachroma_sp</i>	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	PICUDO	PICUDO1	D68C	CONTINUAR	<i>Metamasius_sp</i>	CURCULIONIDAE	COLEOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	LARVA	LARVA3	D67A	DE7A1	<i>Mocis_sp</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA18	D68B	CONTINUAR	<i>Mythimna_sp</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	GRILLO	GRILLO1	D63D	CONTINUAR	<i>Neocurtilla_sp</i>	GRYLLotalpidae	ORTHOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	GRILLO	GRILLO1	D61B	DE1B1	<i>Neocurtilla_sp</i>	GRYLLotalpidae	ORTHOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	ACARO	ACARO1	D67D	DE7D1	<i>Oligonychus_sp</i>	TETRANYCHIDAE	ACARI
PLANTA_GRANDE	HOJAS	SALTAMONJA	SALTAMONJA2	D67D	DE7D3	<i>Peregrinus_sp</i>	DELPHACIDAE	HOMOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	LARVA	LARVA6	D61B	DE1B2	<i>Phyllophaga_sp</i>	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	RAIZ	LARVA	LARVA6	D62A	CONTINUAR	<i>Phyllophaga_sp</i>	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTA_GRANDE	RAIZ	LARVA	LARVA6	D65A	DE5A2	<i>Phyllophaga_sp</i>	SCARABAEIDAE	COLEOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA15	D68C	CONTINUAR	<i>Pococera_sp</i>	PYRALIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	CHAPULIN	CHAPULIN1	D67B	DE7B2	ROMELAEIDAE	ROMELAEIDAE	ORTHOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	AFIDO	AFIDO1	D67E	CONTINUAR	<i>Rhopalosiphum_sp</i>	APHIDIDAE	HOMOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA16	D68C	CONTINUAR	<i>Sathrobrotia_sp</i>	COSMOPTERIGIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	PICUDO	PICUDO2	D68C	CONTINUAR	<i>Sitophilus_sp</i>	CURCULIONIDAE	COLEOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	HORMIGA	HORMIGA1	D61A	DE1A1	<i>Solenopsis_sp</i>	FORMICIDAE	HYMENOPTERA
GERMINADO	SEMILLA	LARVA	LARVA1	D61B	DE1B1	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	TALLO	LARVA	LARVA1	D66A	DE6A2	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	MAZORCA	LARVA	LARVA1	D68B	CONTINUAR	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	TALLO	LARVA	LARVA1	D63A	CONTINUAR	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTULA	HOJAS	LARVA	LARVA1	D64B	DE4B2	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	LARVA	LARVA1	D67B	DE7B1	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA
PLANTA_GRANDE	HOJAS	CHAPULIN	CHAPULIN2	D67B	DE7B2	TETTIGONIDAE	TETTIGONIDAE	ORTHOPTERA
PLANTULA	TALLO	CHINCHE	CHINCHE4	D63B	DE3B2	<i>Tomnotus_sp</i>	CYDNIDAE	HEMIPTERA
PLANTULA	HOJAS	ESCARABAJOS	ESCARABAJOS7	D64A	CONTINUAR	<i>Typophorus_sp</i>	CHRYSOMELIDAE	COLEOPTERA
PLANTULA	HOJAS	LARVA	LARVA1	D67B	DE7B1	<i>Spodoptera_frugiperda</i>	NOCTUIDAE	LEPIDOPTERA



## 10.10 Información de la Base de Datos en DBASE IV

## Archivo FENOLO.DBF

FENOLOGIA

GERMINADO

PLANTULA

PLANTA\_GRANDE

## Archivo INFOGENE.DBF

FENOLOGIA

ORGANO

GERMINADO

SEMILLA

PLANTULA

RAIZ

PLANTULA

TALLO

PLANTULA

HOJAS

PLANTA\_GRANDE

RAIZ

PLANTA\_GRANDE

TALLO

PLANTA\_GRANDE

HOJAS

PLANTA\_GRANDE

MAZORCA

## 10.11 Datos de facilidad del "Shell".

NIVEL	REP	ACIER	ACIERT (%)	ERROR (%)	TIEMPO (MIN)	FACILIDA (ACI/T)	INDX
1	1	12	100,00	0,00	10,250	1	1,171
1	2	12	100,00	0,00	10,000	1	1,200
1	3	10	83,33	16,67	13,783	2	0,726
1	4	11	91,67	8,33	9,067	2	1,213
1	5	12	100,00	0,00	11,300	1	1,062
2	1	12	100,00	0,00	14,583	1	0,823
2	2	12	100,00	0,00	13,033	1	0,921
2	4	12	100,00	0,00	9,517	1	1,261
2	3	12	100,00	0,00	9,383	1	1,279
2	5	12	100,00	0,00	10,383	1	1,156
3	1	12	100,00	0,00	9,733	2	1,233
3	2	12	100,00	0,00	12,100	1	0,992
3	3	12	100,00	0,00	9,583	2	1,252
3	4	12	100,00	0,00	9,000	2	1,333
3	5	11	91,67	8,33	10,867	1	1,012
4	1	10	83,33	16,67	11,050	2	0,905
4	2	11	91,67	8,33	11,617	1	0,947
4	3	12	100,00	0,00	10,133	1	1,184
4	4	12	100,00	0,00	10,950	2	1,096
4	5	12	100,00	0,00	12,683	1	0,946
5	1	12	100,00	0,00	8,100	1	1,481
5	2	12	100,00	0,00	11,133	1	1,078
5	3	11	91,67	8,33	9,333	1	1,179
5	4	8	66,67	33,33	10,033	2	0,797
5	5	12	100,00	0,00	8,333	1	1,440
6	1	12	100,00	0,00	8,717	2	1,377
6	2	12	100,00	0,00	7,717	2	1,555
6	3	11	91,67	8,33	21,317	2	0,516
6	4	8	66,67	33,33	11,700	2	0,684
6	5	12	100,00	0,00	9,400	2	1,277
7	1	12	100,00	0,00	12,600	1	0,952
7	2	12	100,00	0,00	9,083	1	1,321
7	3	12	100,00	0,00	10,450	1	1,148
7	4	12	100,00	0,00	11,717	1	1,024
7	5	12	100,00	0,00	9,983	1	1,202

- 1) Secretaria.
- 2) Auxiliar de laboratorio.
- 3) Extensionista.
- 4) Técnico medio (Ingeniero o Licenciado).
- 5) Técnico medio que conoce de plagas (Ingeniero o Licenciado).
- 6) Master (M.Sc.).
- 7) Doctor (PhD).

10.12 Secuencia de Casos Hipotéticos que el Usuario Realizó  
para Medir la Facilidad de Uso del "shell".

**CASO #1**

Posee un INSECTO

Desarrollo del cultivo :PLANTA GRANDE

Parte atacada : MAZORCA

Forma general: PICUDO

Forma específica:

PICUDO2 Gris, pequeño, elongado, y larvas blancuzcas  
dentro del grano seco y polvoso.

**CASO #2**

Posee un DAÑO

Desarrollo del cultivo :PLANTA GRANDE

Parte atacada : HOJAS

Daño general:

DG7E ¿ Las hojas superiores pegajosas y pueden estar  
ennegrecidas ?

Daño específico:

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos  
Por favor pulse la tecla ENTER

**CASO #3**

Posee un INSECTO

Desarrollo del cultivo :PLANTA GRANDE

Parte atacada : MAZORCA

Forma general: LARVA

Forma específica:

LARVA17 Verdes, amarillas o rosado gris, pueden ser  
multicolores, tubérculos negros.

continuación 10.12 Secuencia de Casos Hipotéticos que el...

#### CASO #4

Posee un INSECTO Y DAÑO

Desarrollo del cultivo :PLANTULA

Parte atacada : RAIZ

Forma general: LARVA

Daño general:

DG2A ¿Las plántulas se pueden encontrar marchitas y se pueden desenraizar fácilmente al halarlas, a veces las hojas son rojo púrpura, pocas raíces presentes

Forma específica:

LARVA7 Con cabeza café, la región anal hendida en forma semicircular o transversal, cuerpo gordo en forma de C.

Daño específico:

CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos  
Por favor pulse la tecla ENTER

#### CASO #5

Posee un INSECTO Y DAÑO

Desarrollo del cultivo :PLANTULA

Parte atacada : HOJAS

Forma general: LARVA

Daño general:

DG4B ¿Hojas carcomidas superficialmente y marcas blancuzcas o ventanas?

Forma específica:

LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento, formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verde y negros, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño específico:

DE4B2 ¿ Las hojas con áreas del mesófilo carcomido por debajo, dejando ventanas transparentes sobre la epidermis superior y/o las hojas perforadas o esclerotizadas ?

continuación 10.12 Secuencia de Casos Hipotéticos que el...

**CASO #6**

Posee un **INSECTO Y DAÑO**

Desarrollo del cultivo :**PLANTULA**

Parte atacada : **TALLO**

Forma general: **LARVA**

Daño general:

**DG3B** ¿Con corazón muerto, y/o enanas con brotes en la base, las plantas pueden estar marchitas o muertas ?

Forma específica:

**LARVA4** Pálidas o blancas, pequeñas sin patas, cabeza café.

Daño específico:

**DE3B1** ¿ El tallo se deforma y abre o raja, puede haber un agujero pequeño a nivel del suelo ?

**CASO #7**

Posee un **DAÑO**

Desarrollo del cultivo :**GERMINADO**

Parte atacada : **SEMILLA**

Daño general:

**DG1B** La semilla No Emerge

Daño específico:

**DE1B1** ¿ Talluelo de la semilla comido ?

**CASO #8**

Posee un **INSECTO Y DAÑO**

Desarrollo del cultivo :**GERMINADO**

Parte atacada : **SEMILLA**

Forma general: **LARVA**

Daño general:

**DG1B** La semilla No Emerge

Forma específica:

**LARVA1** con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento, formando un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza, pequeñas son de color verde y negro, grandes café gris o canela o verde oliva.

Daño específico:

**DE1B1** ¿ Talluelo de la semilla comido ?

continuación 10.12 Secuencia de Casos Hipotéticos que el...

CASO #9

Posee un INSECTO

Desarrollo del cultivo :GERMINADO

Parte atacada : SEMILLA

Forma general: GRILLO

Forma específica:  
GRILLO2 Patas sencillas.

CASO #10

Posee un DAÑO

Desarrollo del cultivo :GERMINADO

Parte atacada : SEMILLA

Daño general:  
DG1B La semilla No Emerge

Daño específico:  
1B1 ¿ Talluelo de la semilla comido ?

CASO #11

Posee un DAÑO

Desarrollo del cultivo :PLANTULA

Parte atacada : TALLO

Daño general:  
DG3D ¿ Se encontró el tallo cortado, destrozado o  
arrancado y consumido.?

Daño específico:  
CONTINUAR El sistema no encontró daños específicos  
Por favor pulse la tecla ENTER

CASO #12

Posee un INSECTO

Desarrollo del cultivo :PLANTA GRANDE

Parte atacada : MAZORCA

Forma general: LARVA

Forma específica:  
LARVA1 con 4 puntos (::) en el penúltimo segmento, formando  
un cuadrado y una Y amarilla invertida en la cabeza,  
pequeñas son de color verde y negro, grandes café  
gris o canela o verde oliva.

10.13 Datos tomados en el ensayo "Comparación de dos métodos de diagnóstico de plagas insectiles de maíz (Zea mays). Sistema Experto versus Sistema Manual.

REPE	TRAT	ACIERTOS	ACI(%)	ERR(%)	TIEMPO(min)	ACI/TIE
1	1	12	100,00	0,00	23,00	0,52
2	1	10	83,33	16,67	45,95	0,22
3	1	8	66,67	33,33	43,35	0,18
4	1	9	75,00	25,00	20,08	0,45
5	1	12	100,00	0,00	34,25	0,35
6	1	8	66,67	33,33	43,30	0,18
7	1	9	75,00	25,00	52,28	0,17
8	1	8	66,67	33,33	44,20	0,18
9	1	5	41,67	58,33	44,00	0,11
10	1	4	33,33	66,67	22,07	0,18
11	1	11	91,67	8,33	39,37	0,28
12	1	11	91,67	8,33	46,65	0,24
13	1	10	83,33	16,67	24,90	0,40
14	1	9	75,00	25,00	25,70	0,35
15	1	7	58,33	41,67	56,23	0,12
16	1	12	100,00	0,00	55,42	0,22
17	1	10	83,33	16,67	29,67	0,34
18	1	9	75,00	25,00	47,28	0,19
1	2	11	91,67	8,33	17,02	0,65
2	2	12	100,00	0,00	22,07	0,54
3	2	11	91,67	8,33	25,88	0,42
4	2	10	83,33	16,67	17,02	0,59
5	2	11	91,67	8,33	25,07	0,44
6	2	11	91,67	8,33	16,18	0,68
7	2	11	91,67	8,33	23,93	0,46
8	2	10	83,33	16,67	25,62	0,39
9	2	12	100,00	0,00	14,95	0,80
10	2	11	91,67	8,33	13,92	0,79
11	2	11	91,67	8,33	17,77	0,62
12	2	12	100,00	0,00	16,62	0,72
13	2	12	100,00	0,00	22,68	0,53
14	2	11	91,67	8,33	26,53	0,41
15	2	11	91,67	8,33	15,07	0,73
16	2	10	83,33	16,67	16,75	0,60
17	2	12	100,00	0,00	15,60	0,77
18	2	11	91,67	8,33	17,05	0,65

Tratamiento 1=Libro guia

2=Sistema experto

10.14 Preguntas realizadas en cada caso de diagnóstico por repetición, para el sistema experto y el libro guía

	GRUPO 1
CASO 1	
El chapulin se encontró en una planta grande	GRUPO 1
CASO 2	
El grillo se encontró en una plántula	GRUPO 1
CASO 3	
Las hojas dañadas se encontraron a los 40 días de sembrado	GRUPO 1
CASO 4	
Los escarbajos se encontraron en las hojas dañadas a los 20 días después de la siembra	GRUPO 1
CASO 5	
Los escarbajos se encontraron en las hojas a los 25 días después de la siembra	GRUPO 1
CASO 6	
El picudo se encontró en la mazorca	GRUPO 1
CASO 7	
Las hojas dañadas se encontraron en plantas grandes	GRUPO 1
CASO 8	
El chapulin se encontró en una planta grande	GRUPO 1
CASO 9	
La larva y el tallo cortado se encontraron a los 15 días después de sembrado	GRUPO 1
CASO 10	
El cogollo dañado se encontró en una planta grande	GRUPO 1
CASO 11	
Los zomposos se encontraron a los 45 días después de la siembra	GRUPO 1
CASO 12	
El tallo dañado se encontró en planta grande	GRUPO 2
CASO 1	
Las hormigas se encontraron a la germinación	GRUPO 2
CASO 2	
El chapulin se encontró en las hojas de una planta grande	GRUPO 2



continuación 10.14 Preguntas que se realizaron ...

CASO 3

La chinche se encontró sobre hojas dañadas a los 40 días de sembrado

GRUPO 2

CASO 4

El picudo se encontró en la mazorca

GRUPO 2

CASO 5

La larva y el tallo cortado se encontraron a los 15 días después de sembrado

GRUPO 2

CASO 6

Obsérvese la punta de la mazorca podrida

GRUPO 2

CASO 7

Los zompopos se encontraron a los 45 días después de la siembra

GRUPO 2

CASO 8

El tallo dañado se encontró en una planta grande

GRUPO 2

CASO 9

El cogollo dañado y la larva se encontraron en planta grande

GRUPO 2

CASO 10

Las ventanas en las hojas se encontraron a los 18 días después de la siembra

GRUPO 2

CASO 11

El chapulín se encontró en una planta grande

GRUPO 2

CASO 12

Las hojas dañadas se encontraron en plantas grandes