

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA



TESIS DE GRADO

**“SISTEMA EXPERTO EN LA DETERMINACION Y
CONTROL DE PLAGAS EN EL ALGODONERO”**

Para optar al Título de Licenciatura en Informática

MENCIÓN: Ciencias de la Computación

POSTULANTE: MAURICIO MARCO MENDOZA CAVERO

TUTOR: M. Sc. JORGE TERAN POMIER

REVISOR: LIC. JAVIER REYES PACHECO

LA PAZ – BOLIVIA

2015



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES
CARRERA DE INFORMÁTICA**



LA CARRERA DE INFORMÁTICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y NATURALES PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la referencia correspondiente respetando normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADOS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

A Dios por darnos la vida,
también este trabajo es dedicado a las
personas que me apoyaron en mis estudios
durante los años de estudio, por su apoyo
incondicional.

A las personas que amo: Mis Padres
Adolfo y Julieta; que siempre me alentaron
para seguir adelante y luchar por lo que se
quiere.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial en la etapa final de mi formación profesional a Nuestro Padre por darme esta oportunidad de haber concluido mis metas.

A mi querida mamá, por enseñarme a luchar en la vida y enseñarme a no rendirme en los problemas que se presenten, a papa que a través de estos años me brindó todo su apoyo.

Agradecerle al M.Sc. Jorge Humberto Terán Pomier, mi tutor por su orientación en la elaboración del presente trabajo, también por la paciencia para comprender y guiarme paso a paso para llegar a terminar este trabajo.

Al Lic. Javier Reyes Pacheco, mi asesor de tesis, mis sinceros agradecimientos por guiarme, realizar observaciones y sugerencias para la conclusión de la presente labor.

Finalmente doy gracias a mis amigos y compañeros que estuvieron conmigo todos estos años de estudio, por su colaboración y apoyo moral para seguir adelante.

CONTENIDO

SUMMARY.....	xxiii
RESUMEN.....	xxiv
CAPITULO I.....	1
MARCO INTRODUCTORIO.....	1
1.1. INTRODUCCION	2
1.2. ANTECEDENTES	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3.1. PROBLEMA CENTRAL.....	3
1.3.2. PROBLEMAS SECUNDARIOS	4
1.4. DEFINICION DE OBJETIVOS	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	4
1.5. HIPOTESIS	5
1.6. JUSTIFICACION	5
1.6.1. JUSTIFICACION ECONOMICA	5
1.6.2. JUSTIFICACION SOCIAL	5
1.6.3. JUSTIFICACION CIENTIFICA	6
1.7. ALCANCE Y LIMITES	6
1.7.1. ALCANCES	6
1.7.2. LIMITES	7
1.8. APORTES	7

1.8.1. PRACTICO	7
1.8.2. TEORICO	8
1.9. METODOLOGIA	8
CAPITULO II	11
MARCO TEORICO.....	12
2.1 INTRODUCCION	12
2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL	12
2.3 SISTEMAS EXPERTOS	14
2.3.1 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA EXPERTO	16
2.3.2 DIFERENCIA ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN EXPERTO HUMANO	17
2.3.6 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO	17
2.3.6.1 BASE DE CONOCIMIENTO (BC)	18
2.3.6.2 BASE DE DATOS (BD)	19
2.3.6.3 MEMORIA DE TRABAJO (MT)	19
2.3.6.4 MOTOR DE INFERENCIA (MI)	19
2.3.6.5 TRAZADOR DE CONSULTAS (TC)	20
2.3.6.6 EL TRAZADOS DE EXPLICACIONES (TC)	20
2.3.6.7 EXPERTO HUMANO	21
2.3.6.8 ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO	21
2.3.6.9. INGENIERO DEL CONOCIMIENTO	22
2.3.6.10 INTERFAZ DE USUARIO	22

2.3.6.11 USUARIO	22
2.3.7 METODOLOGIA DE BUCHANAN	22
2.3.7.1 IDENTIFICACION	23
2.3.7.2 CONCEPTUALIZACION	24
2.3.7.3 FORMALIZACION	24
2.3.7.4 IMPLEMENTACION	25
2.3.7.5 PRUEBAS DE SOFTWARE	26
2.3.7.6 REVISION DEL PRODUCTO	26
2.3.8 LENGUAJE DE PROGRAMACION	28
2.3.8.1 SWI-PROLOG	28
2.4 LOGICA DIFUSA	29
2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS	30
2.4.2 FUNCION DE PERTENENCIA	31
2.4.3 VARIABLES LINGUISTICAS	34
2.4.4 INFERENCIA DIFUSA	35
2.4.5 REGLAS DIFUSAS	35
2.4.6 IMPLICACION DIFUSA	36
2.4.7 INTRODUCCION DE NUEVAS REGLAS	37
2.5 PLAGA EN EL ALGODONERO	37
2.5.1 PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONOMICA EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN	38
2.5.2 PRINCIPAL PLAGA EN EL ALGODÓN	39

2.5.3 CARACTERISTICAS DE LA PLAGA CLAVE DEL ALGODÓN	39
2.5.3.1 CLASIFICACION TAXONOMICA	39
2.5.3.2 MORFOLOGIA	40
2.5.3.3 BIOLOGIA	40
2.5.4 CONDICIONES FAVORABLES DURANTE EL CICLO VEGETATIVO DEL ALGODONERO	41
2.5.4.1 CONDICIONES GENERALES DEL CULTIVO	41
2.5.4.2 SUELO	42
2.5.4.3 CLIMA	43
2.5.4.4 TEMPERATURA	43
2.5.4.5 HUMEDAD	44
2.6 ASPECTOS DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DEL ALGODÓN Y SURELACION CON EL CONTROL DEL PICUDO	45
2.7 DAÑOS EN EL CULTIVO	45
2.8 PROCESO PARA LA DETERMINACION Y CONTROL DE PLAGAS EN EL ALGODONERO	46
2.8.1 METODOS DE CONTROL	47
CAPITULO III	48
MARCO APLICATIVO	49
3.1 INTRODUCCION	49
3.2 METODOLOGIA EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO	51

3.2.1 FASE 1 - IDENTIFICACION	51
3.2.1.1 ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO	56
3.2.2 FASE 2 - CONCEPTUALIZACION	57
3.2.2.1 DEFINICION DEL CONOCIMIENTO	59
3.2.2.2 IDENTIFICACION DEL ORIGEN	59
3.2.2.3 IMPORTANCIA DEL ORIGEN	60
3.2.2.4 DISPONIBILIDAD DEL ORIGEN	61
3.2.2.5 SELECCION DEL ORIGEN	62
3.2.2.6 TAREAS DE ADQUISICION, ANALISIS Y EXTRACCION DEL CONOCIMIENTO	63
3.2.2.7 ESTRATEGIA DE ADQUISICION	64
3.2.2.8 IDENTIFICACION DE LOS ELEMENTOS DEL CONOCIMIENTO	65
3.2.2.9 SISTEMA DE CLASIFICACION DEL CONOCIMIENTO	66
3.2.2.10 FLUJO DE CONTROL PRELIMINAR	68
3.2.2.11 DEFINICION DE TAREAS	69
3.2.2.12 REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO	71
3.2.3 FASE 3 - FORMALIZACION	71
3.2.3.1 BASE DE CONOCIMIENTO	71
3.2.3.2 MODULO BASE DE HECHOS	72
3.2.4 DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA EL HUEVO DEL PICUDO	75

3.2.5	BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DEL HUEVO DEL PICUDO	85
3.2.6	BASE DE REGLAS DEL HUEVO DEL PICUDO	86
3.2.7	DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA LA LARVA DEL PICUDO	93
3.2.8	BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DE LA LARVA DEL PICUDO	104
3.2.9	BASE DE REGLAS DE LA LARVA DEL PICUDO	105
3.2.10	DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA LA PUPA DEL PICUDO	114
3.2.11	BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DE LA PUPA DEL PICUDO	120
3.2.12	BASE DE REGLAS DE LA PUPA DEL PICUDO	121
3.2.13	DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA EL ADULTO DEL PICUDO	127
3.2.14	BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DEL ADULTO DEL PICUDO	132
3.2.15	BASE DE REGLAS DEL ADULTO DEL PICUDO	133
3.3	MOTOR DE INFERENCIA	137
3.4	IMPLEMENTACION	137
3.4.1	PRODUCTO SECONALG	139
3.5	PRUEBAS DE SOFTWARE	148
3.6	REVISION DEL SISTEMA EXPERTO	153
CAPITULO IV		154
PRUEBA DE HIPOTESIS		155
4.1	PRUEBA DE HIPOTESIS	155

4.1.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ	155
4.1.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS	157
CAPITULO V	163
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	164
5.1 CONCLUSIONES	164
5.2 RECOMENDACIONES	165
BIBLIOGRAFIA	166
BIBLIOGRAFIA DE ESPECIALISTAS	168
INTERNET	169
PROGRAMACION EN PROLOG	169
ANEXO A	173
TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	173
ANEXO B	174
PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA PROPORCIONES	174
ANEXO C	177
ARBOL DE DECISIONES	177
DOCUMENTACION	178

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Diferencias entre un Sistema Experto y un Experto Humano	17
Tabla 2.2 Insectos Plagas en las diferentes etapas del cultivo	38
Tabla 2.3 Exigencias del algodónero en temperaturas y lluvias	41
Tabla 2.4 Oviposición del picudo en relación con la temperatura	43
Tabla 2.5 Relación entre la humedad y comportamiento de oviposición	44
Tabla 3.1 Bibliografía como fuente de conocimiento	60
Tabla 3.2 Importancia del origen del conocimiento	61
Tabla 3.3 Disponibilidad del origen del conocimiento	62
Tabla 3.4 Disponibilidad del principio del conocimiento	62
Tabla 3.5 Adquisición del conocimiento	63
Tabla 3.6 Huevo Bajo Estudio	73
Tabla 3.7 Características del Huevo del Picudo	74
Tabla 3.8 Funciones de Pertenencia para la variable AL(ASPECTO LISO)....	76
Tabla 3.9 Funciones de Pertenencia para la variable CBC (COLOR ES BLANCO CREMA)	77
Tabla 3.10 Funciones de Pertenencia para la variable TFEA(TIENE LA FORMA ELIPTICA CON ADAPTACION)	78
Tabla 3.11 Funciones de Pertenencia para la variable MOLCA(MIDE DE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm. DE ANCHO)	79

Tabla 3.12 Funciones de Pertenencia para la variable NPP(NO PRESENTA PATAS)	80
Tabla 3.13 Funciones de Pertenencia para la variable UBFOC(SU UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA)	81
Tabla 3.14 Funciones de Pertenencia para la variable PC(POSEE COBERTURA)	82
Tabla 3.15 Funciones de Pertenencia para la variable VLC(ES VISIBLE CON LUPA)	83
Tabla 3.16 Funciones de Pertenencia para la variable HB (EL HUEVO ES BRILLOSO)	84
Tabla 3.17 Funciones de Pertenencia para la variable UPIB(SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES)	85
Tabla 3.18 Características del Huevo del Picudo	91
Tabla 3.19 Características del Larva del Picudo	92
Tabla 3.20 Funciones de Pertenencia para la variable FCCC (FORMA DE “C” CILINDRICA, CURVADA)	94
Tabla 3.21 Funciones de Pertenencia para la variable CIBC (COLOR ES BLANCO CREMA)	95
Tabla 3.22 Funciones de Pertenencia para la variable CCCC (COLOR DE LA CABEZA CAFÉ CLARO)	96
Tabla 3.23 Funciones de Pertenencia para la variable ACC (ASPECTO DE LA CABEZA ES CORRUGADO)	97

Tabla 3.24 Funciones de Pertenencia para la variable CC (EL CUERPO ES CORRUGADO)	98
Tabla 3.25 Funciones de Pertenencia para la variable MSLTA (MIDE 6 mm. DE LARGO Y 3 mm. DE ANCHO)	99
Tabla 3.26 Funciones de Pertenencia para la variable UDBFC (SE UBICA DENTRO DEL BOTON FLORAL O CAPSULAS)	100
Tabla 3.27 Funciones de Pertenencia para la variable TCC (TIENE UNA COBERTURA EN EL CUERPO)	101
Tabla 3.28 Funciones de Pertenencia para la variable AFYS (SE ALIMENTA DE LA FIBRA Y SEMILLAS DENTRO EL BOTON)	102
Tabla 3.29 Funciones de Pertenencia para la variable BLC(BOTON O LA FLOR SE CAE)	103
Tabla 3.30 Funciones de Pertenencia para la variable PMD (PLANTA MUY DAÑADA)	104
Tabla 3.31 Características de la Pupa del Picudo	112
Tabla 3.32 Características de la Pupa del Picudo	113
Tabla 3.33 Funciones de Pertenencia para la variable MCLYTA (MIDE 4 mm – 6.5 mm DE LARGO Y 3mm DE ANCHO)	115
Tabla 3.34 Funciones de Pertenencia para la variable CEF (EL CUERPO ESTA FORMADO)	116
Tabla 3.35 Funciones de Pertenencia para la variable UBFC (SE UBICA EN EL BOTON FLORAL O CAPSULA)	117

Tabla 3.36 Funciones de Pertenencia para la variable NTC (NO TIENE COBERTURA)	118
Tabla 3.37 Funciones de Pertenencia para la variable AD (LAS ALAS DESARROLLADAS)	119
Tabla 3.38 Funciones de Pertenencia para la variable NSM (NO SE MUEVE)	120
Tabla 3.39 Características del Adulto del Picudo	125
Tabla 3.40 Variables para representar los criterios de clasificación para determinar del Adulto del Picudo	126
Tabla 3.41 Variables para representar el resultado de determinación de la Plaga del Picudo del algodónero	127
Tabla 3.42 Funciones de Pertenencia para la variable MCLTA (MIDE 4 mm – 9 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO)	128
Tabla 3.43 Funciones de Pertenencia para la variable CCRHPO (SU COLOR ES CAFÉ ROJIZO HASTA PARDO OSCURO)	129
Tabla 3.44 Funciones de Pertenencia para la variable PPDC (POSEE PICO DELGADO Y CURVO DE 3 mm – 9 mm DE LARGO.)	130
Tabla 3.45 Funciones de Pertenencia para la variable PDE (POSEE DIENTES O ESPUELAS)	131
Tabla 3.46 Funciones de Pertenencia para la variable APBH (SE ALIMENTA DE POLEN, BELLOTAS Y HOJAS)	132

Tabla 4.1 Comparación de la determinación del especialista y el sistema

experto 158

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Algunas áreas de la Inteligencia Artificial	14
Figura 2.2: Funcionamiento Básico del funcionamiento de un sistema experto	16
Figura 2.3: Estructura de un Sistema Experto	27
Figura 2.4: Etapas para la elaboración de un SE acorde con la metodología Buchanan	27
Figura 2.5: Función Triangular	32
Figura 2.6: Función Trapezoidal	32
Figura 2.7: Función S	33
Figura 2.8: Elementos de un Conjunto Difuso	34
Figura 2. 9: Ciclo biológico del picudo del algodónero	40
Figura 3.1: Elementos que intervienen en la elaboración del Sistema Experto SECONALG	52
Figura 3.2: Estructura del Sistema Experto	54
Figura 3.3: El problema, los participantes, medios, y requerimientos para el SE	56
Figura 3.4: Diagrama de adquisición de conocimiento	65
Figura 3.5: Clasificación de las características	68
Figura 3.6: Diagrama de actividades	69

Figura 3.7: Proceso de evaluación de control y detección de la plaga en el algodonero	70
Figura 3.8: Conjuntos Difusos de la variable AL(ASPECTO LISO)	76
Figura 3.9: Conjuntos Difusos de la variable CBC (COLOR ES BLANCO CREMA)	77
Figura 3.10: Conjuntos Difusos de la variable TFEA(TIENE LA FORMA ELIPTICA CON ADAPTACION)	78
Figura 3.11: Conjuntos Difusos de la variable MOLCA(MIDE DE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm. DE ANCHO)	79
Figura 3.12: Conjuntos Difusos de la variableNPP(NO PRESENTA PATAS)	80
Figura 3.13: Conjuntos Difusos de la variable UBFOC(SU UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA)	81
Figura 3.14: Conjuntos Difusos de la variable PC(POSEE COBERTURA)	82
Figura 3.15: Conjuntos Difusos de la variable VLC(ES VISIBLE CON LUPA)	83
Figura 3.16: Conjuntos Difusos de la variable HB (EL HUEVO ES BRILLOSO)	84
Figura 3.17: Conjuntos Difusos de la variableUPIB(SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES)	85

Figura 3.18: Conjuntos Difusos de la variable FCCC (FORMA DE “C” CILINDRICA, CURVADA)	94
Figura 3.19: Conjuntos Difusos de la variable CIBC (COLOR ES BLANCO CREMA)	95
Figura 3.20: Conjuntos Difusos de la variable CCCC (COLOR DE LA CABEZA CAFÉ CLARO)	96
Figura 3.21: Conjuntos Difusos de la variable ACC (ASPECTO DE LA CABEZA ES CORRUGADO)	97
Figura 3.22: Conjuntos Difusos de la variable CC (EL CUERPO ES CORRUGADO)	98
Figura 3.23: Conjuntos Difusos de la variable MSLTA (MIDE 6 mm. DE LARGO Y 3 mm. DE ANCHO)	99
Figura 3.24: Conjuntos Difusos de la variable UDBFC (SE UBICA DENTRO DEL BOTON FLORAL O CAPSULAS)	100
Figura 3.25: Conjuntos Difusos de la variable TCC (TIENE UNA COBERTURA EN EL CUERPO)	101
Figura 3.26: Conjuntos Difusos de la variable AFYS (SE ALIMENTA DE LA FIBRA Y SEMILLAS DENTRO EL BOTON)	102
Figura 3.27: Conjuntos Difusos de la variable BLC(BOTON O LA FLOR SE CAE)	103
Figura 3.28: Conjuntos Difusos de la variable PMD (PLANTA MUY DAÑADA)	104

Figura 3.29: Conjuntos Difusos de la variable MCLYTA (MIDE 4 mm – 6.5 mm DE LARGO Y 3mm DE ANCHO)	114
Figura 3.30: Conjuntos Difusos de la variable CEF (EL CUERPO ESTA FORMADO)	116
Figura 3.30: Conjuntos Difusos de la variable UBFC (SE UBICA EN EL BOTON FLORAL O CAPSULA)	117
Figura 3.31: Conjuntos Difusos de la variable NTC (NO TIENE COBERTURA)	118
Figura 3.32: Conjuntos Difusos de la variable AD (LAS ALAS DESARROLLADAS)	119
Figura 3.33: Conjuntos Difusos de la variable NSM (NO SE MUEVE)	120
Figura 3.34: Conjuntos Difusos de la variable MCLTA (MIDE 4 mm – 9 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO)	128
Figura 3.35: Conjuntos Difusos de la variable CCRHPO (SU COLOR ES CAFÉ ROJIZO HASTA PARDO OSCURO)	129
Figura 3.36: Conjuntos Difusos de la variable PPDC (POSEE PICO DELGADO Y CURVO DE 3 mm – 9 mm DE LARGO)	130
Figura 3.37: Conjuntos Difusos de la variable PDE (POSEE DIENTES O ESPUELAS)	131
Figura 3.38: Conjuntos Difusos de la variable APBH (SE ALIMENTA DE POLEN, BELLOTAS Y HOJAS)	132
Figura 3.39: Sistema de Inferencia de la Lógica Difusa	138

Figura 3.40: Pantalla Principal de SWI-PROLOG	139
Figura 3.41: Pantalla Principal del Sistema Experto SECONALG	140
Figura 3.42: Pantalla del Autor e Instrucciones	140
Figura 3.43: Pantalla de Información sobre el Picudo del Algodonero.....	141
Figura 3.44: Pantalla de Selección sobre el estado de la plaga	141
Figura 3.45: Pantalla de Bienvenida a consulta especificando que es huevo..	142
Figura 3.46: Pantalla de Introducir datos y pantalla de Error	142
Figura 3.47: Pantalla de criterios de clasificación	143
Figura 3.48: Pantalla de Error de conocimiento no determinado	143
Figura 3.49: Pantalla de Determinación, sugerencia y tratamiento para una determinación de no corresponder a huevo del picudo	144
Figura 3.50: Pantalla de Determinación, sugerencia y tratamiento para una determinación de podría corresponder a huevo del picudo	145
Figura 3.51: Pantalla de Determinación, sugerencia y tratamiento para una determinación de que si corresponde a huevo del picudo	145
Figura 3.52: Pantalla de Consejos acerca de la maleza para el cuidado de la planta del algodón	146
Figura 3.53: Pantalla de Consejos acerca del raleo para el cuidado de la planta del algodón	146
Figura 3.54: Pantalla de Consejos acerca de la polinización de la planta del algodón	147

Figura 3.55: Pantalla de Consejos acerca del fruto de la planta del algodón..	147
Figura 3.56: Pantalla de inicio de consulta, pantalla de selección y pantalla de introducción de datos principales	149
Figura 3.57: Pantalla de consulta a la selección de huevo	150
Figura 3.58: Pantalla de selección de criterios de clasificación	150
Figura 3.59: Determinación Final del sistema experto SECONALG	151
Figura 3.60: Pantalla de sugerencias y tratamiento de la planta	151
Figura 3.61: Pantalla de Consejos acerca de la maleza para el cuidado de la planta del algodón	152
Figura 3.62: Pantalla de Consejos acerca del raleo para el cuidado de la planta del algodón	152

SUMMARY

The Plagues that they attack to the plant of the cotton are a variety and of these plagues the worst is the so called one the Pointed one of the cotton grower who is not known as this plague attacks the cotton grower and since they can be the advices that must follow to anticipate and this when already I attack the cotton grower. To take certain advices, suggestions for the care and solution also with some technologies and authorized chemists, it is necessary to follow strictly the advices that submit those who work with this plant, which it is necessary to mention they realize an arduous work and very much economic risk for with the plantation of the cotton.

Of the good quality of the fruits of the plant of the cotton that is a principal factor in order that the owners could have a good crop, but this depends on a series of points that must be born in mind. It takes in it counts also the existing information by means of important articles as well as the different magazines that exist in the way that subject matters of the cotton treat.

In the work of thesis of present investigation there is had an Expert System that agrees to provide the information brings over of the determination of the plague of the cotton grower relating to the Pointed one as well as the information of the stage in the one that thinks, also that it offers information with regard to advices that must follow for the treatment of the plant.

Key words: Expert System, Plant of the cotton, Plagues of the Cotton, Artificial Intelligence, Determination and Control.

RESUMEN

Las Plagas que atacan a la planta del algodón son una variedad y de estas plagas la peor es el llamado el Picudo del algodnero que no se sabe como esta plaga ataca al algodnero y como pueden ser los consejos que se deben seguir para prevenir y cuando este ya ataco al algodnero. Tomar ciertos consejos, sugerencias para el cuidado y solución también con algunas técnicas y químicos autorizados, es necesario seguir estrictamente los consejos que se entregan a los que trabajan con esta planta, que cabe mencionar realizan un arduo trabajo y mucho riesgo económico para con la plantación del algodón.

De la buena calidad de los frutos de la planta del algodón que es un factor principal para que los propietarios puedan tener una buena cosecha, pero esto depende de una serie de puntos que se deben tomar en cuenta. Se toma en cuenta también la información existente por medio de artículos importantes así como las diferentes revistas que hay en el medio que tratan temáticas del algodón.

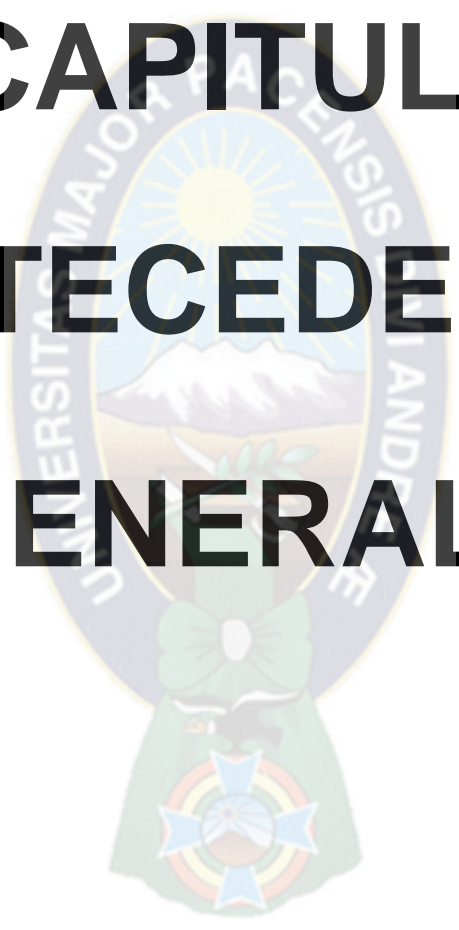
En el trabajo de tesis de investigación presente se tiene un Sistema Experto que accede a proporcionar la información acerca de la determinación de la plaga del algodnero referente al Picudo así como la información de la etapa en la que se encuentra, también que brinda información respecto a consejos que se deben seguir para el tratamiento de la planta.

Palabras clave: Sistema Experto, Planta del algodón, Plagas del Algodón, Inteligencia Artificial, Determinación y Control

CAPITULO I

ANTECEDENTES

GENERALES

The background features a large, faint watermark of the University of Mayorga Facensis logo. The logo is circular and contains a sun, a mountain range, and a green banner with a white emblem. The text 'UNIVERSITAS MAJORA FACENSIS' is visible around the perimeter of the logo.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 INTRODUCCIÓN

La fuerte demanda del algodón en el mercado internacional, ha creado un gran incremento en las áreas de cultivo de las zonas algodoneras de Bolivia. Observando que la demanda de todas las fibras que se usan en la fabricación de prendas de vestir, depende principalmente de la población y de los ingresos que el cultivo pueda proporcionar.

La historia del cultivo del algodón en Bolivia, al igual que en otros países esta unido a la problemática de plagas y el uso intensivo de insecticidas químicos, los cuales no favorecen a los agricultores de nuestro país.

1.2 ANTECEDENTES

Santa Cruz es el departamento que presenta una serie de características muy favorables para el cultivo del algodón, ya sea por sus suelos, temperaturas, ciclo de lluvias, regular infraestructura caminera y tradición agrícola de la zona, además de encontrarse en un punto clave de Sudamérica que permite la comercialización de la fibra con países como Brasil, Chile y Perú por lo que se garantiza la venta de toda la producción actual y de los volúmenes a incrementarse, es por esta razón que el algodón por ser un producto exportable se convirtió en uno de los cultivos más importantes en el área de este departamento.

Por esta razón producir algodón, seguirá siendo una actividad demandada, y una producción que, como “cultivo industrial”, tiene la virtud de movilizar mucha gente, en planos económicos, laborales y sociales de relevancia.

El presente trabajo trata precisamente de vincular áreas muy importantes en el desarrollo nacional, por un lado la agricultura la determinación y control de plagas en el algodón y por el otro lado la inteligencia artificial y los sistemas expertos.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA CENTRAL

El cultivo del algodón en las diferentes zonas de producción están afectadas por la alta infestación de plagas dañando de esta manera la calidad de la producción y por tanto el nivel de exportación disminuye su rentabilidad para los diferentes agricultores de nuestro país.

Uno de los problemas más preocupantes, es el daño que ocasionan las plagas a los bolos del algodón, produciendo anualmente pérdidas apreciables de sus cosechas.

Para combatir este daño en el cultivo del algodón es necesario determinar la plaga en las plantas y la clase de daño que estos ocasionan a medida que el cultivo va desarrollándose, de esta forma será posible que se justifique la aplicación de insecticidas.

Son muchas familias que se dedican a la producción de algodón y quienes dependen del éxito o fracaso de cada producción apoyados únicamente por procedimientos manuales que a veces no certifican ni controlan las cosechas y que difícilmente son avalados por la misma entomología.

Es por esta razón que actualmente los agricultores invierten gran cantidad de dinero en el control de plagas para que la producción del algodón no se pierda.

1.3.2 PROBLEMAS SECUNDARIOS

Bolivia es un país exportador de algodón, un productor de hecho – actual – y sobre todo, potencialmente mayor, es decir, si sus niveles de producción crecieran paulatinamente y sin descuidar la calidad del producto, se llegaría a mejorar la demanda del producto, y por ende el nivel de vida de los agricultores en plena capacidad.

Viendo cada una de estas características se ve la necesidad de implementar un sistema computarizado que permita a los agricultores modernizar la forma de determinar y controlar las plagas en el algodonero logrando de esta manera que el cultivo alcance mayor rentabilidad.

1.4 DEFINICION DE OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema experto para la determinación y control de plagas en el cultivo del algodón en base a condiciones ambientales actuales.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ❖ Evaluar las diferentes plagas que afectan al cultivo del algodón para poder determinar cuál es la plaga que tiene mayor importancia económica.
- ❖ Determinar los diferentes factores que influyen en el cultivo del algodonero para lograr el proceso de determinación y control de la plaga.
- ❖ Establecer con la ayuda de la experiencia del experto humano los indicadores actuales utilizados por los agricultores de nuestro país para lograr desarrollar de una forma efectiva las condiciones utilizadas en el sistema.
- ❖ Formalizar el conocimiento del especialista en un esquema de representación de conocimiento acorde al contexto del problema, para una eficiente estructuración y procesamiento del conocimiento.

- ❖ Modelar el aspecto conceptual y lógico del sistema experto empleando el Lenguaje Unificado de Modelado (UML) facilitando de esta forma la construcción del sistema, teniendo como base el trabajo que realiza el entomólogo.

1.5 HIPOTESIS

La hipótesis planteada a demostrar es:

Hi: La lógica difusa ayuda al Sistema Experto a la determinación de la plaga del picudo del algodón con una confiabilidad del 90%.

Variable Dependiente: La determinación de la plaga del algodón con una confiabilidad del 90%.

Variable Independiente: El Sistema Experto para la determinación de la plaga en el algodón.

Variable Interviniente: La lógica difusa.

1.6 JUSTIFICACION

1.6.1 JUSTIFICACION ECONOMICA

- ❖ Un control de plagas eficiente minimiza la posibilidad de pérdidas económicas en el cultivo del algodón generando menos aplicaciones de productos químicos provocando de esta manera la reducción del costo de producción e incrementando los beneficios para los agricultores.

1.6.2 JUSTIFICACION SOCIAL

- ❖ Actualmente en nuestro medio no existe una herramienta computarizada que sirva de apoyo a los agrónomos especialmente a los especializados en el área de entomología para lograr con certeza la determinación y control de plagas del algodón.

- ❖ La producción del algodón tiene la virtud de movilizar mucha gente, en planos económicos, laborales y sociales de relevancia logrando de esta manera mejorar el nivel de vida de estas personas.

1.6.3 JUSTIFICACION CIENTIFICA

- ❖ Actualmente en Bolivia existe muy pocos recursos tecnológicos implementados en el área de la agricultura es por esta razón que la implementación de un sistema experto para determinar y controlar las plagas permitirá proporcionar información actualizada, facilitando a muchos agricultores a modernizar el control de sus cultivos de una manera efectiva a objeto de incrementar la producción en el área.
- ❖ La calidad del algodón es muy importante para incrementar los volúmenes de exportaciones para beneficio de la región y del país, es por esta razón que el sistema proporcionara a los agricultores una herramienta que permita reducir los costos por hectáreas.

1.7 ALCANCE Y LIMITES

1.7.1 ALCANCES

- ❖ El sistema, utilizado de manera adecuada proporcionara información necesaria sobre la determinación y control de la plaga en estudio permitiendo de esta manera tomar medidas preventivas adecuadas.
- ❖ La construcción del sistema se realizo a nivel de sistema experto, identificando la información procesada, interfaces establecidas y criterios de validación necesarias para definir un sistema correcto.
- ❖ Al finalizar la investigación, se lograra determinar y controlar la plaga en el cultivo del algodón minimizando de esta manera los problemas debido a la incidencia de plagas en el algodonero.

- ❖ El sistema experto recomienda sugerencias las cuales se deben seguir para que la planta del algodón atacada pueda recibir ciertos tratamientos.

1.7.2 LIMITES

- ❖ Para la determinación y control de plagas por la gran cantidad existente se tomaran en cuenta al Picudo del Algodonero (*AnthonomusGrandis*) que es una de las plagas que actualmente tiene mayor incidencia económica en el cultivo del algodón.
- ❖ Por las amplias condiciones climatológicas para el cultivo del algodón se tomara en cuenta en el presente trabajo solo el efecto de la temperatura, humedad, precipitación en el insecto a estudiar
- ❖ Para el desarrollo del sistema experto se utilizaran indicadores que no consideren rangos intermedios sino valores actuales establecidos por los agricultores del algodón.
- ❖ El sistema se basara en estudios realizados por CODEPAG (Comité Departamental de Prevención y Erradicación de *AnthonomusGrandis*) que está bajo la supervisión de ADEPA (Asociación Departamental de Productores de Algodón).
- ❖ El Sistema experto se construirá a nivel de producto para la determinación y control de la plaga más importante del algodón (Picudo del Algodonero).

1.8 APORTES

1.8.1 PRACTICO

La realización de este producto ofrecerá la ayuda a diferentes modelos de investigación, en el tema del algodón, puesto que conociendo los diferentes problemas por los que pasa el algodón en su proceso de cultivo, crecimiento y extracción del suelo permitirá un mayor cuidado que se debe tener con este.

1.8.2 TEORICO

En la realización del producto en esta tesis se utilizara el PROLOG que es muy utilizado en la utilización de Sistemas Expertos, que ayuda en los diferentes descubrimientos de ciertas respuestas lógicas a variables de entrada determinadas.

1.9 METODOLOGIA

La metodología que se utilizara es de tipo investigación científica puesto que se requiere de una investigación sistemática, descubridora de variables afectantes al problema que tiene el algodón.

La investigación es un sistema que tiene ciertas etapas, las cuales son encontradas en el proceso de investigación y su determinación para cada cual es muy importante en el hallazgo de nuestro problema y posterior solución.

A veces los objetivos e hipótesis pueden cambiar, pero no debe cambiar así el Objetivo Principal.

Las diferentes etapas que podemos hallar en una investigación son:

- ❖ **Concebir la idea a investigar.** Realización de la exanimación de temas para la investigación.
- ❖ **Planteamiento del problema a investigar.** Es la formulación del problema, la estructuración de los objetivos, la concepción de las preguntas, la respectiva justificación finalmente la factibilidad del tema de investigación.
- ❖ **Elaboración del Marco Teórico.** El respaldo teórico mediante lo que es la investigación fundamentada en la respectiva literatura disponible y la elaboración del marco teórico por ultimo.
- ❖ **Definir el tipo de investigación.** Lo que se considera es la llamada investigación descriptiva que inquiera en la especificación de las características, propiedades, rasgos propios y únicos de cualquier fenómeno ocurrente que se desea analizar.

También se tiene a la denominada investigación explicativa que procura definir las causas y orígenes de los fenómenos o sucesos que se están estudiando.

- ❖ **Formulación de Hipótesis.** Es la suposición de la cual se pretende extraer una consecuencia a un hecho y su posterior demostración. Se tiene que tomar en cuenta la detección de variables, la definición de su concepto y lo operativo.
- ❖ **Seleccionar el diseño apropiado de la investigación.** Es la estrategia o Plan que se pretende desarrollar para adquirir la información que es solicitada y necesaria en la investigación respectiva.
- ❖ **Selección de la muestra.** Es en esta etapa que se tiene que determinar una población así como la totalidad de elementos o individuos en las que estos poseen características peculiares y similares entre estos subgrupos y sobre las cuales se realizaran la inferencia.
- ❖ **Recolección de datos.** La reunión de datos que son validos así como la información fiable de los que son las fuentes primarias y secundarias, utilizando lo que son las técnicas como diálogos, también como una analítica de los documentos de internet, y el procesamiento de información.
- ❖ **Analizar los datos.** La implementación de las denominadas técnicas de procesamiento de datos, en la que se toma en cuenta la realización de la selección de test estadísticos, así como la realización del problema de análisis y el análisis su respectiva elaboración.
- ❖ **Presentar resultados.** La interpretación de los denominados descubrimientos y relaciones con le problemas así como los respectivos objetivos, su hipótesis y del marco teórico las teorías que se plantean en este.

La metodología que se utilizara es la de Buchanan en el diseño del sistema experto, la mencionada metodología la cual se basa en la adquisición de conocimiento de diferentes fuentes como ser los libros, artículos, revistas (tipo investigativas) y por último los expertos profesionales.

La metodología de Buchanan es una metodología que realiza un seguimiento de diferentes fases para el diseño de lo que viene a ser un sistema experto (Peña, Pérez, & Rondón, 2009) las fases son las siguientes:

- ✓ Identificación.
- ✓ Conceptualización
- ✓ Formalización
- ✓ Implementación.
- ✓ Pruebas de Software.
- ✓ Revisión del producto.

La técnica que se empleara en el presente trabajo es la utilización de la lógica difusa para la adquisición y la respectiva interpretación del conocimiento para con el que viene a ser el sistema experto para la determinación y control de plagas en el algodón.

Finalmente el software a modo de herramienta mediante la cual se realiza la respectiva programación así como la implementación del sistema experto es el lenguaje de programación para lógica difusa Swi-Prolog. La herramienta de XPCE se utiliza para la representación del conocimiento así como para la realización de la interfaz grafica, esta herramienta también incorpora SWI-Prolog que utiliza la complementación de librerías para ofrecer una ayuda completa al sistema y también para interactuar con el usuario agradablemente.

The logo of Universitas Majlis Al-Falaq is a circular emblem. It features a central sun with rays, a mountain range, and a green field with a tree. The text "UNIVERSITAS MAJLIS AL-FALAQ" is written around the top inner edge, and "ANDR" is visible at the bottom. Below the circle is a green banner with a white cross and a blue star.

CAPITULO II

MARCO

TEORICO

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza la respectiva definición, estructura y funcionamiento de tema de los sistemas expertos, también se realiza una descripción de los primeros sistemas expertos desarrollado en nuestra historia, así como las ventajas, desventajas y las limitantes que presenta un sistema Experto.

Se realiza la evocación de las diferentes fases o etapas que están presente y hacen parte de la metodología de Buchanan, las cuales son; Identificación, Conceptualización, Formalización, Implementación, Prueba de Software y Revisión de Sistema Experto.

Se realiza la descripción general de lo que es la lógica borrosa o lógica difusa, los denominados conjuntos difusos, la función de pertenencia, las variables lingüísticas, las reglas difusas y la implicación difusa. Finalmente se hace una explicación lo que es la plaga del picudo del algodónero, que características son definidos en sus diferentes etapas, así como las etapas de este así como realizar una determinación de la etapa en la que se encuentra y los respectivos procedimientos que deben seguirse.

2.2 INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La Inteligencia Artificial rama de la ciencia computacional que constituye una gran volumen de conocimiento y técnicas que fueron desarrolladas por muchos investigadores desde finales de la década de 1950. Es en este período que aparecieron diferentes y numerosos conceptos de lo que es la IA, hubieron discrepancias en cuanto a la aceptación general. Las siguientes son algunas definiciones de Inteligencia Artificial:

- ❖ La Inteligencia Artificial tiene como propósito reproducir las acciones y el razonamiento de los seres vivos inteligentes en dispositivos artificiales, cuyo

objetivos es conseguir una teoría comprensiva de la inteligencia tal y como aparece en animales y máquinas.

- ❖ La Inteligencia Artificial es la solución de problemas complejos con el apoyo del computador mediante la aplicación de procesos que son análogos al proceso del razonamiento humano.(Rolston, 1995)
- ❖ La Inteligencia Artificial busca identificar procedimiento, métodos y técnicas que se asocian a la capacidad de pensar y razonar hasta de manera inteligente. En este proceso pretende automatizar las tareas del pensamiento y razonamiento humano, proveyendo un modo cognitivo de sus funcionamientos. (García Martínez & Britos, 2004).

Gracias a que la Inteligencia Artificial tuvo muchos autores no existe un consenso para otorgar una definición, puesto que es posible decir que la Inteligencia Artificial está encargada de realizar lo que es la modelación de la inteligencia humana en sistemas de computación mostrados a través de lo que son los artefactos creados por la mano del hombre.

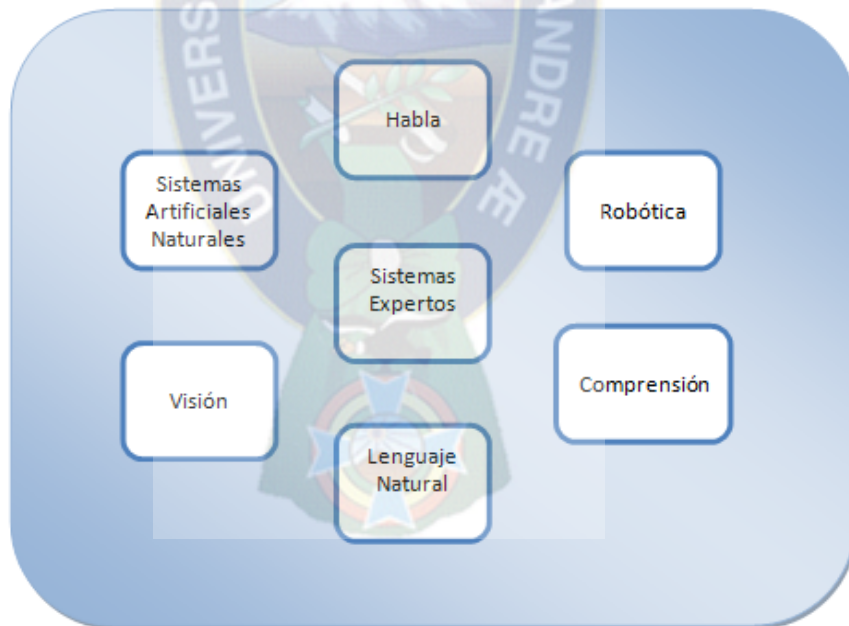
También es válido decir que la Inteligencia Artificial es una interesante área y con más problemas de las ciencias de la computación, por lo que es interpretada como las ciencias cognoscitivas. Esta dio su nacimiento como solo un estudio filosófico y agnóstico de la inteligencia humana, mezclada con la inquietud del hombre de realizar la imitación de misma naturaleza que le rodea así como tratar de realizar la imitación del hombre mismo en sus gestos y expresiones. Es así que la Inteligencia Artificial lo que busca es la imitación de la inteligencia del hombre mismo. Actualmente existen estudios pero que no alcanzaron a llegar a su objetivo.

Al hablar del término inteligencia que mantiene relación con muchas habilidades conocidas, así como que se tenga o este habilitado a la solución de problemas, temas de aprendizaje la comprensión de diferentes lenguajes, la Inteligencia Artificial dirige muchas habilidades. Respecto a los esfuerzos de la I.A. lo que esta ha logrado es la de solucionar problemas, los diferentes conceptos así como los métodos para realizar la

construcción de programas que puedan razonar sobre cómo resolver problemas para que después puedan realizar cálculos para su posterior solución. Los Sistemas Basados en Conocimiento o Sistemas Expertos son programas de la I.A. que son los que tienen la capacidad experta de realizar la solución de problemas o propiamente resolver problemas mediante la utilización de tareas específicas.

Cuando nos referimos al campo que engloba la Inteligencia Artificial decimos que tiene una variedad de áreas de interés como las mostradas en la figura 2.1, los que son los sistemas expertos puesto que estos son una aproximación muy cercana y con logros a la hora de resolver problemas clásicos de la Inteligencia Artificial en lo que es la programación de inteligencia propiamente dicho.

Figura 2.1 Algunas áreas de la Inteligencia Artificial



Fuente: [Giarratano, 2001]

2.3 SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos son también denominados sistemas informáticos que integran parte de la Inteligencia Artificial, estos emulan el denominado proceso de aprendizaje, el

proceso del razonamiento, el proceso de memorización, así como el proceso de comunicación y el de acción en consecuencia de un experto humano en cualquier rama de la ciencia. Las mencionadas particularidades le permiten a esta el almacenamiento de datos y de conocimiento, así como poder llegar a conclusiones lógicas, realizar la toma de decisiones, también como el aprendizaje por medio de la experiencia y los datos existentes, la comunicación con expertos humanos, también de explicar el cómo de las decisiones tomadas y finalmente de la realización de acciones como un consecuente a lo anteriormente mencionado.

Acorde con el profesor Edward Feigenbaum de la universidad de Stanford, este profesor fue un pionero en el área de la tecnología de los sistemas expertos, Feigenbaum llegó a la definición de que es “Un programa de computación inteligente que usa el conocimiento y los procedimientos de inferencia para resolver problemas que son lo suficientemente difíciles como para requerir significativa experiencia humana para la solución de problemas”, lo que se trata de decir es que un sistema experto es un sistema de cómputo que realiza la emulación de lo que se considera como la habilidad de la toma de decisiones de lo que es considerado un especialista humano. Al referirnos al término emular indica que el mencionado sistema experto tiene el objetivo de realizar la actuación en todos los aspectos en lo que se refiere a un especialista humano.(Giarratano, 2001)

Los términos sistema experto basado en el conocimiento y sistema basado en el conocimiento son usados como sinónimos por el término sistema experto.

Se puede apreciar en la Figura 2.2 lo que es la estructura y funcionamiento fundamental de un sistema experto que está conformado por: una base de conocimiento que incluye hechos y reglas codificadas apropiadamente(dicho conocimiento es posible de obtener por medio de experiencias o consultas de los conocimientos que mayormente están disponibles en libros primeramente, artículos revistas del área y finalmente de personas estudiadas en el área), y una máquina de inferencia, cuyo objetivo es de realizar la

activación de reglas para que esta pueda llegar a la obtención de la solución del problema.

Figura 2.2 Funcionamiento Básico del funcionamiento de un sistema experto



Fuente:[Giarratano, 2001]

2.3.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA EXPERTO

Los Sistemas Expertos acorde con el autor (Giarratano, 2001) poseen las características que a continuación se describen:

- ✚ **Flexibilidad.-** Debido a la gran cantidad de conocimiento que un Sistema Experto puede tener, es menester constar con un mecanismo eficiente para añadir, modificar y eliminar conocimientos.
- ✚ **Comprensible.-** El sistema Experto debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento mientras se ejecutan de tal manera que sea comprensible y amigable al usuario.
- ✚ **Alto Desempeño.-** La calidad de la respuesta del Sistema Experto debe ser de un nivel igual o superior al de un especialista en el campo.

- ✚ **Tiempo de respuesta adecuado.**- El Sistema Experto debe actuar en un tiempo razonable, comparable o mejor al tiempo requerido por el especialista para alcanzar una decisión.
- ✚ **Confiabilidad.**- El Sistema Experto debe ser confiable y no propenso a las llamadas “caídas de sistema”.

2.3.4 DIFERENCIA ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN EXPERTO HUMANO

Las diferencias que existen entre un Sistema Experto y un Experto Humanos son muy variadas puesto que ambos poseen características propias y únicas. En la Tabla 2.1 se muestran ciertas diferencias.

Tabla 2.1 Diferencias entre un Sistema Experto y un Experto Humano.

Sistema Experto	Experto Humano	Característica
Si	Si, no valuable	Limitación de capacidad
Si, idéntico	No	Reproducible
Infinita	Finita	Vida
Adquirido	Adquirido e Innato	Conocimiento
Teórico	Teórico y Practico	Adquisición del conocimiento
Único	Múltiples	Campo
Siempre	A veces	Explicación

Fuente: [Quintanar, 2007]

2.3.6 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA EXPERTO

Una diversidad de arquitecturas específicas son las que los Sistemas Expertos utilizan en sus propios sistemas. Existen diferencias las cuales se pueden considerar de diferentes usos, pero a pesar de esto la mayoría de las arquitecturas tienen muchos elementos en

común. En la Figura 2.4 se despliega una arquitectura general que todo sistema experto utiliza.

Figura 2.4 Estructura de un Sistema Experto



Fuente: [Dones, 2005]

Para que un Sistema Experto pueda desempeñar bien su función puesto que es una tarea que tiene su grado de complicación este debe estar bien estructurado, en los siguientes subtítulos se ofrecen en detalle la información sobre los elementos y partes principales por las cuales un Sistema Experto debe estar conformado.

2.3 BASE DE CONOCIMIENTO (BC)

La Base de Conocimiento llega a conceptualizarse como la asociación del conjunto de aserciones implicando así también al conjunto de reglas. La Base de Conocimiento tiene en su interior el conocimiento que el Sistema Experto

utiliza, esto se refiere a una formulación manejable, esto se refiere a lo que el Sistema es experto y al área que este está tratando. El desarrollo de este y su elaboración son esenciales en la tratamiento del Sistema Experto puesto que en el caso de haber errores en la elaboración del diseño este error lleva forma directa a un desempeño deficiente, puesto que su función es proporcionar al denominado motor de inferencia de la información acerca del problema que se está tratando.

2.3.6.2 BASE DE DATOS (BD)

La base de Datos que en este caso es denominada Base de Hechos. Se encuentra confirmada por diversos datos que abordan la dificultad que se quiere resolver o bien explicado que el sistema Experto trata de solucionar, así mismo la función que esta desempeñan es la de proveer de información ayudando así al motor de inferencia.

2.3.6.3 MEMORIA DE TRABAJO (MT)

La Memoria de Trabajo es una memoria o una base de datos temporal, mediante la cual el motor de inferencia depone la información deducida que tomo como punto de inicio de: La Base de Conocimiento, la Base de Datos y la Memoria de Trabajo.

2.3.6.4 MOTOR DE INFERENCIA (MI)

El motor de inferencia es lo que se denomina el sistema de software que coloca en posición los conocimientos e infiere nuevos conocimientos realizando el uso de la base de conocimientos, desempeñando sus funciones de la forma que a continuación se explica: El Motor de Inferencia realiza la activación de las reglas de función de la información que están contenidas dentro de la base de datos así como en la memoria de trabajo, la nueva información que es puesta a disposición de la memoria de trabajo, esta misma es la que se encarga de otorgar al trazador de explicaciones lo que son las diferentes reglas que dieron lugar a una consulta por parte del usuario y la motivación que tuvo este.

El arquetipo del Motor de Inferencia es la destreza de la realización de la búsqueda que este emplea para originar el conocimiento requerido así mismo diferentes paradigmas que son utilizados en un Sistema Experto. Cabe saber que la colectividad de esto están fundamentados en dos conceptos principales los cuales son:

- ✚ **Encadenamiento hacia adelante que también es conocido como encadenamiento frontal.-** Este es un procesamiento de razonamiento de forma ascendente que da su comienzo bajo condiciones acreditadas y trabaja en dirección de adelante para llegar a conseguir los objetivos que este desea.
- ✚ **Encadenamiento hacia atrás, conocido también como retro encadenamiento.-** Este encadenamiento es un proceso de razonamiento descendente que tiene su comienzo a partir de objetivos que trazados y realiza su trabajo de atrás en trayectoria a las condiciones a modo de pre-requisitos.

2.3.6.5 TRAZADOR DE CONSULTAS (TC)

El Trazador de Consultas realiza la función de organizador y también de ofrecer una presentación en una forma semántica y sintácticamente aprobada para con el usuario, como lo son los requerimientos de información del sistema, las diferentes contestaciones a modo de respuestas otorgadas por el usuario estarán registradas en la Memoria de Trabajo anteriormente explicada.

2.3.6.6 EL TRAZADOS DE EXPLICACIONES (TC)

Este es conocido y aceptado también como Modo de Explicación, es así que un Sistema Experto debe estar implementado y diseñado con la función otorgar la preponderancia de lo que es la explicación que habitualmente se encuentra ausente en los sistemas tradicionales, lo anteriormente mencionado trata de una identificación de lo que son los pasos para con el razonamiento y de una merecida justificación sobre cada uno de ellos.

Dilucida requerimientos que el usuario necesita acerca del por qué de específicas preguntas que el sistema realiza, dirigiendo la justificación de las mismas, esto es brindar al usuario el esclarecimiento de la estrategia que se utilizó en la solución hallada y también como y la razón de las decisiones realizadas.

Se realiza la traza manejando la información que el Motor de Inferencia le pone a disposición para suministrarle lo que esta requiere.

2.3.6.7 EXPERTO HUMANO

Entre las funciones que el Experto Humano debe cumplir se tienen la de realizar la ordenación, la fundamentación de su conocimiento, la estructuración. En la fundamentación tiene que respaldar el conocimiento acorde con las interrogantes que fueron realizadas a través del ingeniero del conocimiento, misma que requiere de razones, llegando así a la explicación de las razones de las mismas y controlando que tenga coherencia del conocimiento en su conjunto vinculado a este, restringiendo y contralando que no se proporcionen contradicciones.

2.3.6.8 ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO

En la adquisición del conocimiento se filtra el conocimiento, en el cual se realiza un control muchos más concretado y fiable realizando la notificación de las imperfecciones que fueron detectadas, cabe mencionar que estos problemas pueden causar problemas a la hora de realizar el adecuado funcionamiento así como que este correcto. Es en este modulo que el ingeniero del conocimiento es admitido y/o el experto admitido para su construcción de la base de conocimiento de una manera simple puesto que se tiene que utilizar de una herramienta de ayuda para la actualización de lo que es la base de conocimiento cuando este lo requiera para su buen desempeño.

Sobre la adquisición del conocimiento en particular en el presente trabajo se recurre a la adquisición delimitando el tema del algodón y las plagas que a esta atacan, por medio de textos los cuales poseen información del tema tratado en este caso de información sobre

el algodón y las diferentes tipos de plagas que atacan a esta planta, artículos que también explican del tema de las plagas, revistas de las cuales se halla información referente al algodón, plagas y como estas atacan a la planta del algodón y en particular de la plaga del picudo, tema que se está tratando, así como información de investigaciones que se realizaron, entrevistas con especialistas del área los cuales trabajan con el tema de algodón y sus plagas a diario, e investigadores en el área que diariamente buscan formas que enfrentar a las plagas realizando pruebas de control sobre la plaga del picudo y otras, adquiriendo así resultados de control que ayudan a las personas dedicadas a la plantación del algodón.

2.3.6.9 INGENIERO DEL CONOCIMIENTO

El Ingeniero del Conocimiento es la persona que acumula los conocimientos dentro de lo que es el área del experto y a esta es trasladada a lo que denominamos base de conocimiento.

2.3.6.10 INTERFAZ DE USUARIO

Es un modulo por el cual el usuario es facilitado por las necesidades que este requiere haciendo accesible su acceso y la comprensión de la información, es en este modulo que se toman en cuenta el diseño visual, la arquitectura de la información así como los conocimientos del diseño que interactúa con el usuario.

2.3.6.11 USUARIO

El usuario es la persona que indica sus requerimientos y necesidades, así mismo como sus ideas estableciendo así el contexto en el cual es el sistema experto debe ser utilizado.

2.3.7 METODOLOGIA DE BUCHANAN

La metodología de Buchanan es la utilizada, puesto que la recolección de conocimiento es fundamental, como ser; textos, artículos, expertos, etc. (García Martínez & Britos,

2004). En esta metodología y sus etapas, el Ingenieros de Conocimiento tiene que elaborar la construcción del sistema experto y estas etapas son las siguientes:

- + Identificación
- + Conceptualización
- + Formalización
- + Implementación
- + Revisión del Sistema Experto
- + Pruebas de Software.

En lo que se refiere a la recolección u obtención de conocimiento el Ingeniero de Conocimiento tiene que realizar una serie de pasos para la elaboración del sistema experto.

En lo que se refiere a las características de la metodología de Buchanan hay una principal y muy importante y es la frecuente correlación que existe en el experto humano del área en estudio con el ingeniero de conocimiento, las fases son 6 y estas etapas son esenciales en esta metodología.

2.3.7.1 IDENTIFICACION

En la etapa de Identificación se tiene que relacionarse con el Problemas y el Dominio, esta comprende desde la obtención de información mediante los textos, artículos, entrevistas o diálogos con los entes familiarizados con el contenido y la indagación de un experto que colabora para la realización del sistema, así como la distribución de las diferentes funciones para con el sistema experto, funciones que este debe desempeñar. Respecto a las funciones que tiene su importancia puesto que es necesario saber porque se debe de detallar que lenguaje se utilizara así como que sistema se utilizará.

El ingeniero de conocimiento tiene que conocer bastante sobre el dominio del problema puesto que este debe desempeñar sus labores sin presión alguna.

A continuación se da una pequeña síntesis sobre lo que se debe realizar:

- ✚ Se deben identificar los objetivos o metas.
- ✚ Se debe establecer las facilidades computacionales y presupuestos de los costos.
- ✚ Se tiene que identificar a los participantes y tareas, la fuente de conocimiento así como los recursos de que se disponen o necesitan.

2.3.7.2 CONCEPTUALIZACION

En la etapa de conceptualización se delimita al sistema, esto se refiere a que por medio de ciertas entrevistas con el experto, cuya meta es la de realizar la identificación y la determinación informal del problema a resolver. El alcance del sistema experto está definido por el ingeniero de conocimiento así como el experto de campo. Esto se refiere que cual es la definición concreta del problema específico que el sistema experto persigue resolver.

Se debe realizar un análisis sobre las definiciones que el experto de campo establece, esto es importante puesto que las definiciones serán tomadas con mucha relevancia sin mencionar su importancia en el tema. Del tema a investigar es el experto humano quien debe tener conocimiento de esto, también como ser especializado en el tema.

2.3.7.3 FORMALIZACION

Esta etapa está referida a alcanzar la estructura de lo que es la inferencia del sistema experto, una vez se hay definido de forma concreta el problema a resolver el encargado de realizar las definiciones así como los conceptos del dominio es el ingeniero de conocimiento puesto que es necesario la realización de cada una de estas tareas para poder resolver el problema a través del sistema. Es menester la definición del sistema experto puesto que se necesita conocer su concepto, también de realizar una documentación de este puesto que es de utilidad para las tareas respectivas como ser; el diseño , la construcción y su ulterior elaboración o construcción puesto que existe la probabilidad de realizar modificaciones del sistema, modificaciones que sean requeridas.

Ambos el ingeniero de conocimiento tanto como el experto de campo deben de tener cierto cuidado en la atención que prestan puesto que estos deben hallar una estructura fundamental, estructura que el experto utiliza para hallar la solución al problema. Constituido por una variedad de componentes que son organizativos, componentes que tiene que ser utilizados por el experto de campo puesto que este tiene que llevar cierta soltura en el dominio. El experto tiene que realizar tipos de inferencias es así que la estructura fundamental de la organización del conocimiento debe estar ordenada.

En aspectos de investigación el ingeniero de conocimiento tiene que mostrarse de acuerdo con el método que el experto utiliza al elaborar su trabajo, refiriéndose a esto es por ejemplo cuales son los hechos que establece, tipos de preguntas, también si este conceptualiza supuestos sin base con cierta información relacionada, así como también los tipos de preguntas que este realiza para afirmar sus hipótesis, también se debe considerar la secuencia con que el experto realiza en cada una de sus subtarear y si estos varían con cada caso de problema que resuelve.

Para resumir esta etapa de la formalización se realiza la tipificación de las definiciones importantes, también como el resultado de la formalización del diagrama de información conceptual así como los elementos subproblemas que son un detalle parcial para la respectiva construcción de un Sistema Experto de lo que es la base de conocimiento del sistema.

2.3.7.4 IMPLEMENTACION

La fase de implementación trata de definir el producto constituido en un Sistema Experto. Es en esta etapa donde el ingeniero de conocimiento debe realizar la formalización que se adquirió del experto. Es en esta labor la cual necesita de la conceptualización de una arquitectura que admite una organización del conocimiento de forma correcta. Para todo esto es esencial la elección de la organización, el lenguaje de programación y el medio ambiente para la respectiva programación apropiado para una aplicación enfocada en el problema y adecuada a este.

Se realiza la enunciación de los conceptos esenciales a través de una representación. Se establece que este es el nuestro primer paso en dirección de lo que es la implementación del producto. Los trabajos siguientes son los que el ingeniero de conocimiento debe realizar acorde con el desarrollo del producto que tiene que realizar y procurar lo que a continuación se explica:

- 1) Las capturas de las características particulares de construcción del lenguaje deben ser tomadas exactamente como son los aspectos estructurales más importantes de los conceptos usados por el experto.
- 2) Reflejar las estrategias utilizadas por el experto en la estructura de control del lenguaje en lo que se refiere a la activación de las reglas.
- 3) Que sea apropiado el formalismo empleado para reflejar de manera correcta las definiciones así como el proceso de inferencia del experto.
- 4) Un apropiado formalismo para la reflexión de los conceptos y también para un correcto proceso de inferencia del experto.

Las reglas definidas y también algunas veces los resultados hallados en el uso de las reglas pueden ser representados por el ingeniero de conocimiento, para que este pueda presentar sus propias opiniones acerca de la representación y soluciones halladas.

2.3.7.5 PRUEBAS DE SOFTWARE

La prueba de software se refiere a la realización de la optimización del producto del sistema. Se realiza la observación sobre el comportamiento del sistema Experto, también del funcionamiento de la base de conocimiento y finalmente de la estructura de las inferencias, se hace esto para comprobar que el sistema experto sea eficiente para su utilización.

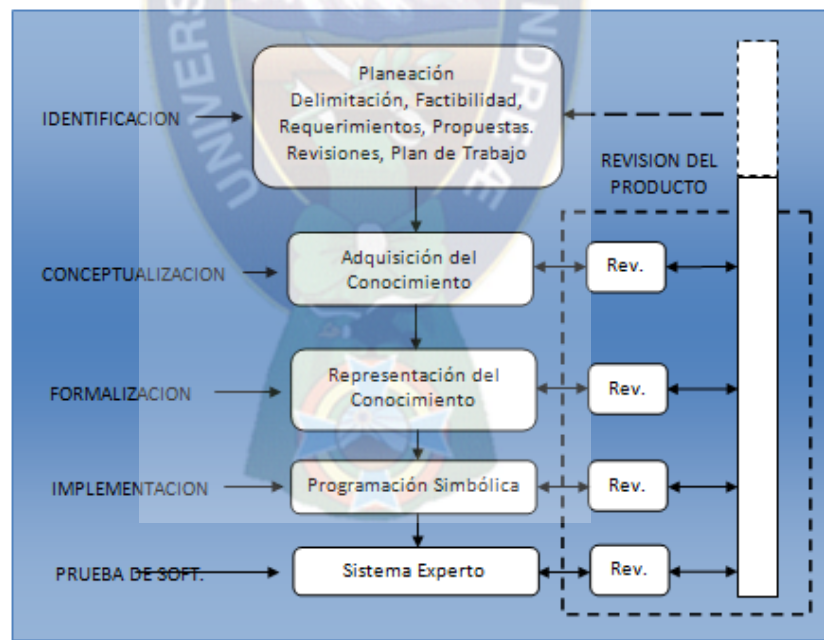
2.3.7.6 REVISION DEL PRODUCTO

Se realiza la depuración del sistema experto, con la mejora de lo que es la base de conocimientos, depurando reglas, rediseñando la estructura del conocimiento, o

reformular los conceptos fundamentales persiguiendo el objetivo de la recolección de la información que sea adicional esta que el experto haya proporcionado. En esta etapa se realiza la consulta de otro experto del área para que ellos puedan realizar una comprobación, control, y ampliación así como una depuración u optimización del producto.

Se representa un proceso general en la Figura 2.4 para el presente trabajo, para el diseño de un sistema experto realizando como base las diferentes etapas de lo que es la metodología de Buchanan y para la construcción de un SE acorde con lo que un sistema experto utiliza como ingeniería.

Figura 2.4 Etapas para la elaboración de un SE acorde con la metodología Buchanan.



Fuente:[Etapas de la Elaboración de un SE acorde con la metodología de Buchanan]

Las siguientes interrogantes deben de ser tomadas en cuenta en lo que se refiere a la planeación:

- 1) ¿ Es preciso y realizable un sistema experto ?.
- 2) ¿ Quiénes serán las personas delegados para efectuarlo ?.
- 3) ¿ En lo que se refiere al proceso de la adquisición del conocimiento, cuales son los expertos humanos que harán su participación ?.
- 4) ¿Cuál es el monto estimado como presupuesto que requiere ?.
- 5) ¿ Qué es necesario en cuanto a medios y tiempo se refiere ?.

Cuando se hayan concretado estas preguntas es necesario realizar la búsqueda de un experto con el que se llevara a cabo el trabajo así como los requerimientos puntuales que los usuarios finales requieren. El sistema será construido acorde con la definición de los usuarios y también la forma en la que la tarea debe ser realizada a través de conceptos que abordan la problemática específica referentes a diseños conceptuales. Para la adquisición del conocimiento es referente a como se obtiene el conocimiento del experto humano, así como el tema de la representación del conocimiento se refiere a lo que es la formalización de tal forma como el conocimiento adquirido, simbolizando así sus propiedades y características propias, finalmente esta el tema de lo referente a la programación simbólica que describe la implementación del sistema experto para con la implementación del del Sistema Experto, para la máquina de inferencia se debe realizar la búsqueda de la herramienta correcta con la que se trabajara, y también para la interfaz de usuario se debe de buscar el lenguaje de programación correcto.(Soliz, 2008).

2.3.8 LENGUAJE DE PROGRAMACION

2.3.8.1 SWI-PROLOG

Prolog dio lugar a un lenguaje que es el Swi – Prolog que es un lenguaje de código abierto para su programación, Swi - Prolog que es usada para la web en lo que se refiere a la semántica de aplicaciones y también usada para la tutoría, cuenta con las siguientes características:

- ✚ Posee bibliotecas de la lógica de programación con restricciones.
- ✚ Multihilo.

- ✚ Interfaz grafica de usuario.
- ✚ Capacidad de pruebas unitarias
- ✚ ODBC
- ✚ Programación literaria
- ✚ Servidor web
- ✚ Herramientas de desarrollo así como de un ID que posee un interfaz gráfico de usuario del depurador
- ✚ RDFS
- ✚ SGML
- ✚ Interfaz con Java
- ✚ Una documentación completa disponible para soporte.

Este lenguaje de programación el Swi-Prolog fue un lenguaje concebido para la representación y la utilización del conocimiento del que se dispone acerca de un dominio conocido, considerando así un conjunto de objetos al dominio y el conocimiento que es representado por una serie de relaciones que realizan la descripción de lo que son las propiedades o atributos de los objetos y las interrelaciones propias de estos mismos. Un programa que es considerado Prolog es un programa que tiene un conjunto de reglas que realizan la descripción de sus propiedades y sus relaciones.

Las bases de Swi-Prolog están en la llamada lógica formal puesto que esta puede realizar la realización de estatutos que son operaciones que realiza un lenguaje lógico fundamental así como que es peculiar de cláusulas.

La facilidad de la descripción de gramáticas en la de Prolog, también la de escribir gramáticas libres de contexto, estas facilidades son de importancia.

2.4 LOGICA DIFUSA

Lofti A. Zaded, profesor de la Universidad de Berkeley en California, fue el que llegó a la concepción de la lógica difusa, Lofti que había estado en desacuerdo por los hasta ese entonces como los conjuntos clásicos cuyas opciones estaban determinadas y ofrecían

solo dos opciones, así como que como un elemento pertenece a un conjunto, fue entonces que presento la idea como una manera de cómo se puede procesar la información logrando así pertenencias parciales o ciertos grados de pertenencias, así como la contraposición existente a los conjuntos clásicos es así que los designó como Conjuntos Difusos (fuzzy sets), concepto muy nuevo para aquellas épocas.

En 1965, Lofti A. Zaded expuso el concepto de conjunto difuso y indicando que: “La lógica difusa intenta imitar la forma en la que los humanos toman decisiones”, no indicando que fueran decisiones que únicamente enuncian una falsedad o una verdad en la respuesta otorgada.

Una metodología la cual es la lógica difusa proporciona una forma sencilla y selecta de la forma de la obtención de una conclusión que inicia con la información de una entrada vaga, imprecisa, ambigua, parcial, con ruido.

La lógica difusa en general realiza la imitación de lo que una persona hace en la toma de decisiones que están basadas en información con características mencionadas anteriormente. La lógica difusa presenta una de las ventajas la cual es la de la implementación de sistemas que están basados sobre esta, tanto como software como en hardware así como la combinación de estos juntos.

La inteligencia computacional es una de las técnicas de la lógica difusa que ayudan en el desempeño para con la información con alto grado de incertidumbre, esta es la diferencia con la lógica conocida como convencional la cual es precisa y bien definida con la información que maneja. La lógica difusa es multivaluada esto significa que acepta valores intermedios para que se pueda concebir estimaciones en lo que tiene como respuesta verdadero/falso, si/no, caliente/frío, y otras opciones como estas.

2.4.1 CONJUNTOS DIFUSOS

A comparación de los conjuntos clásicos, los conjuntos difusos son considerados también como una generalización de los anteriores, la pertenencia de un elemento o la

no pertenencia de este a un conjunto es vislumbrado por la teoría clásica, pero gracias a la teoría de los conjuntos difusos se puede apreciar la pertenencia parcial de la que un elemento hacia un conjunto, esto significa que un elemento tiene un grado de pertenencia hacia un conjunto difuso que está en la posibilidad de adquirir un valor que va entre 0 y 1, tema que no era posible en lo que respecta a lógica clásica.

El asociado grado de pertenencia es definida por medio de la función conocida como característica asociada con el conjunto difuso, esto es referente a que cada elemento o variable x se le puede asignar o tomar un valor, explicando esto es que la función denotada o función característica que es denotada por $\mu_A(x)$ indica el grado de pertenencia un el valor del elemento x al conjunto difuso A , es de esto que se trata.

Un conjunto difuso son todos los valores que pueden o no ser tomado por un atributo esto se refiere a lo que es el universo del discurso U que es caracterizado por lo que es la función de pertenencia o función característica $\mu_A(x)$ que va tomando valores que están dentro del intervalo $[0, 1]$, así que puede ser representados como lo que es un conjunto de pares ordenados sobre un elemento x así como el valor de pertenencia que este tiene en el conjunto, como se tiene a continuación:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}$$

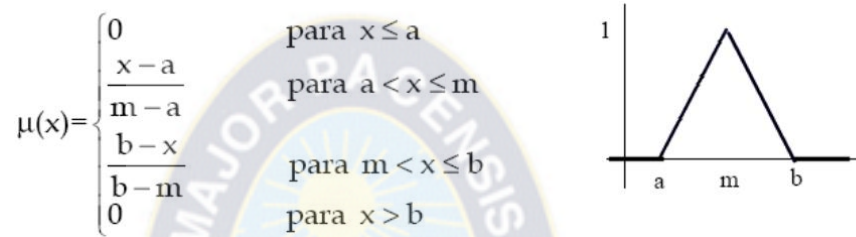
2.4.2 FUNCION DE PERTENENCIA

La función de pertenencia también conocida como función característica, provee cierto grado de similitud de los elementos que pertenecen a U para con el conjunto difuso, Se debe tomar en cuenta que la forma que tiene una función de pertenencia aplicada, esto que es dependiente del criterio que se aplica para con la solución de cada problema así es como llegara a variar en función de la geografía, cultura, también el punto de vista del usuario. La función de pertenencia debe de cumplir la condición de que debe tomar valores dentro del rango de 0 y 1, también con continuidad considerada.

Las funciones de pertenencia que son distintivas son las que a continuación de explican:

A) Función Triangular: Esta función está definida por sus límites inferior y superior b , y el valor modal m , tal que $a < m < b$. La función triangular se representa como se observa en la Figura 2.5

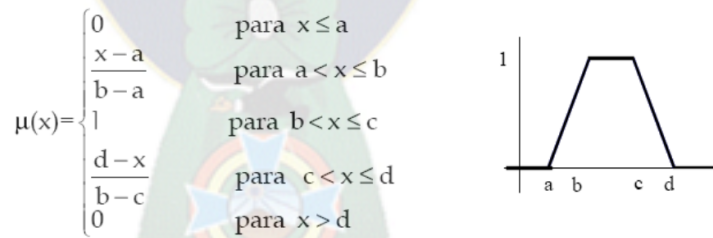
Figura 2.5 Función Triangular



Fuente:[Nina, 2009, Grafico propio modificado]

B) Función Trapezoidal: Esta función se encuentra definida por sus límites inferior a y superior d así como los límites de su soporte b y c , inferior y superior respectivamente. La función trapezoidal se representa como se observa en la Figura 2.6

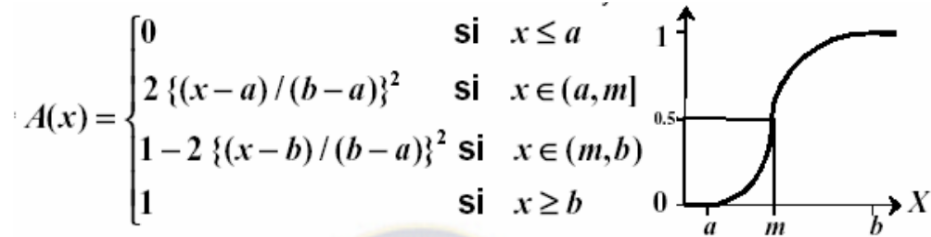
Figura 2.6 Función Trapezoidal



Fuente:[Nina, 2009, Grafico propio modificado]

C) Función S: Esta función se halla definida por sus límites inferior a y superior b , y el valor m , denominado punto de inflexión, tal que $a < m < b$. Un valor típico de esta función es el promedio $m = (a+b)/2$. El crecimiento es más lento cuanto mayor sea la distancia $(a-b)$. La función S se representa como se observa en la Figura 2.7

Figura 2.7 Función S



Fuente:[Nina, 2009, Grafico propio modificado]

En lo que a funciones se refiere es de preferencia el uso de las principales que son las simples puesto que ayudan en los cálculos sin perder la precisión puesto que estas funciones están realizando la definición de un concepto difuso por los grados de pertenencia.

Tomando en cuenta a los conceptos se otorgan a dos aproximaciones para la determinación de lo que es la función de pertenencia asociada a un conjunto:

- ✚ La primera aproximación.- Se encuentra en base al conocimiento de experto humano.
- ✚ La segunda aproximación.- Trata del uso de una colección de datos para el posterior diseño de la función.

Podemos declarar cierto hecho a partir del número de funciones características asociadas a la que el experto escoge pues están asociadas a una misma variable, el hechos es que cuando se tiene mayor número de funciones características se tendrá mayor resolución así como también se tendrá mayor complicación computacional, a la vez que se pueden encontrar funciones solapadas, esto que expresan como un aspecto importante de lo que es la lógica difusa, esto significa que “el plato puede esta medio servido y a la vez no”, existe ciertos parámetros.

2.4.3 VARIABLES LINGÜÍSTICAS

En la vida real hacemos uso de palabras con las que se pueden usar variables, podemos mencionar un ejemplo para realizar la descripción de esto; por ejemplo cuando decimos que “ese chico es de gran estatura” tiene una equivalencia a decir que la altura es alta, hacemos el uso de la palabra alta puesto que la altura es alta, esto significa que la variable estatura toma la palabra alta como un valor asignado correspondiente a este.

También se tiene el caso en que la variable puede adquirir valores numéricos como valores, este es denominado como un marco de trabajo que tiene una base matemática formulada de forma estable, pues cuando por ejemplo una variable tiene a una palabra como valor en matemáticas esto no es una formulación matemática estable, es por esto que se concibe el concepto de variable lingüística, una variable lingüística es la que permite que una variable consiga tomar palabras en lenguaje natural como sus valores de esta.

Mostramos a continuación en la Figura 2.8 los elementos que tiene un conjunto difuso.

Figura 2.8 Elementos de un Conjunto Difuso.



Fuente:[Nina, 2009]

2.4.4 INFERENCIA DIFUSA

El Conjunto de proposiciones If-Then son denominadas reglas difusas, estas son las que modelan el problema para una ulterior solución, la regla difusa que es simple es de a continuación:

“Si x es A entonces y es B”

Explicando su significado se indica que A y B son dos conjuntos difusos definidos cuyos rangos de x e y referentemente.

De lo que es una regla que expresa un tipo de relación sobre los A y B conjuntos de la cual la función característica $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$ y esta simboliza lo conocido como implicación lógica. Las reglas de la lógica proposicional son las que sujetan a la designación adecuada de la función característica.

2.4.5 REGLAS DIFUSAS

Para establecer reglas difusas base se debe tomar en cuenta el Si-Entonces que es un conjunto de reglas que son expresadas de cómo viene a continuación:

Regla m: Si $u_i \in A_i^m$ y $u_z \in A_z^m$ y $u_p \in A_p^m$

Es así que v es B^m donde $m = 1, 2, 3, \dots, M$

Y también los conjuntos difusos A_i^m y B^m donde, $u_i \in U$ y $v \in V$.

Es así que las formas de conseguir los conjuntos de reglas correspondiente son dos, que va a un conjunto de datos que son numéricos: permitir que los datos constituyan a los conjuntos difusos que emergen en los antecedentes y los consecuentes y también el predefinir a los conjuntos difusos para considerar a los antecedentes o consecuentes que enseguida asociaran a los datos a dichos conjuntos.

Cuando se tiene que tener un conjunto completo de reglas que realizan la modelación de un problema se tiene que poner un punto de inicio que es la de considerar las combinaciones de reglas P_t , que posee una teoría definible, entre p que son el número de antecedentes y la entrada A_p que son el número de conjuntos difusos que son considerados para cada antecedente de este. Tomando esto en cuenta se tiene que el número en teoría de reglas viables son:

$$P_t = \prod_{n=1}^p A_{P_t} \quad \text{donden} = 1, \dots, p.$$

Se debe considerar que de las P_t posible, las P_t teóricas existirán algunas que sean sin sentido en el aspecto físico y algunas otras que no tengan sentido debido a las particularidades del problema que se quiere solucionar. Es por esto que del conjunto de reglas que más se adecuan o acercan al problema se debe convenir seleccionando los más adecuados.

2.4.6 IMPLICACION DIFUSA

En la descripción de las nociones fundamentales de lo que es la teoría de conjuntos difusos se realiza una analogía con los conjuntos de la llamada teoría clásica, ambas la lógica difusa tanto como la teoría clásica de conjuntos establecen fundamentos teóricos, es así que la teoría difusa toma como base a la teoría clásica.

En lo que respecta a la teoría de lógica difusa se tiene la proposición como sigue "Si u es A entonces v es B ", en lo que se explica que $u \in U$ y $v \in V$, que posee una función característica la cual es $\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$ que va adquiriendo valores dentro de $[0, 1]$ de este intervalo. Esto es referido a que con cada una de las proposiciones o reglas que son parte del If-Then es al mismo tiempo un llamado conjunto difuso con la respectiva función característica que evalúa el grado o nivel de veracidad de la reciprocidad de la implicación entre x e y .

La lógica difusa también se hace uso de lo que en la lógica clásica se denomina Modus Ponens, pero en la lógica difusa se la llama Modus Ponens Generalizado y puede ser sintetizado como a continuación se muestra:

Premisa 1: “ x es A ”

Premisa 2: “Si x es A entonces y es B ”

Consecuencia: “ y es B ”

Donde A que es el conjunto difuso no debe ser precisamente el similar o igual al que se encuentra en el conjunto difuso. En lo que respecta a del antecedente de la regla de A y B que es el conjunto difuso tampoco deben de forzosamente ser B el conjunto difuso, que presentarse en el consecuente de la regla relacionada.

2.4.7 INTRODUCCION DE NUEVAS REGLAS

Para la introducción de nuevas reglas por parte del usuario experto sobre el tema del algodón y las plagas que atacan a esta planta, indicamos que la base de conocimientos es independiente del mecanismo de inferencia esta que se la utiliza para la resolución de problemas. Es así que si los conocimientos almacenados puedan quedar algo obsoletos, también decir si es que se hallan nuevos conocimientos es referentemente simple de añadir nuevas reglas al sistema experto, así mismo como la eliminación de reglas que hayan quedado anticuadas y por ultimo esto también para la corrección errores existente. Es innecesaria realizar una reprogramación de todo el Sistema Experto.

Sobre las reglas que se acostumbran en su almacenamiento en alguna forma de secuencia jerárquica lógica, pero no tiene que ser necesariamente estricto. Se puede tener cualquier orden y el motor de inferencia usara estas en un orden apropiado para solucionar un problema.

2.5 PLAGA EN EL ALGODONERO

El concepto de plaga agrícola implica reducción en el valor o en el beneficio económico que se obtienen de la cosecha que puede tratarse de reducciones en la cantidad de la cosecha, en la calidad del producto, o en el incremento de los costos de producción.

2.5.1 PLAGAS DE IMPORTANCIA ECONOMICA EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN.

Existen diferentes plagas que afectan al cultivo del algodón pero entre las que podemos señalar son las indicadas en la Tabla 2.2:

Tabla 2.2 Insectos Plagas en las diferentes etapas del cultivo.

Etapas de desarrollo del cultivo	Plaga
Al inicio del crecimiento Emergencia(0 a 7 días) y Establecimiento (7 a 30 días)	Agrotis Trips Pulgon Chicharrita Picudito
Antes y durante la floración (cuadro, flor y bolo)	Spodoptera Alabama Heliothis Lapasta Rosada Picudo del algodón Chinche Tintoreo
Fructificación a la cosecha (100 a 150 días después de la siembra)	Heliothis Lagarta Rosada

	Chinche Tintoreo
	Picudo del algodonero
	Spodoptera

Fuente: [El cultivo del algodonero en Santa Cruz. Pág. 24]

Cada una de estas plagas son las que tienen importancia económica, la plaga a estudiar en esta tesis es el picudo del algodonero puesto que en la actualidad es considerada plaga clave en el cultivo del algodón.

2.5.2 PRINCIPAL PLAGA EN EL ALGODÓN

Uno de los factores que más influye en la dinámica poblacional del Picudo del Algodonero es la propia fonología del algodonero. La planta de algodón atrae a las poblacionales de picudo es indiscutible, además de proveer sustento para el crecimiento y la reproducción, influyendo en la fecundidad, el desarrollo y la sobrevivencia del insecto. Es por esta razón que el picudo es considerado una “plaga clave” para el cultivo del algodonero, puesto que el impacto socioeconómico que produce es de pérdidas cuantiosas.

Plaga Clave: Se trata de plagas introducidas a lugares a donde el clima le resulta favorable y donde no se presenta sus enemigos naturales.

Es considerada una plaga clave para el algodón tanto por el gran número de aplicaciones de insecticidas que requiere su control, lo que incrementa el costo del cultivo, como por la disminución de rendimientos ocasionada por la aparición de otras plagas secundarias.

2.5.3 CARACTERISTICAS DE LA PLAGA CLAVE DEL ALGODÓN

Las características principales de la plaga son su clasificación taxonómica, morfología , biología (ciclo biológico del *AnthonomusGrandis*), dinámica poblacional, hábitat las cuales las describimos a continuación:

2.5.3.1 CLASIFICACION TAXONOMICA

ORDEN: COLEOPTERA

FAMILIA: CURCULIONIDAE

GENERO: ANTHONOMUS

ESPECIE: ANTHONOMUS GRANDIS BOHEMAN.

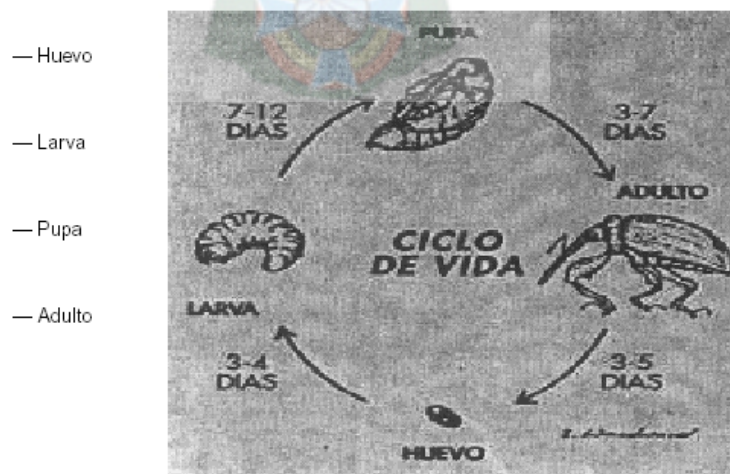
2.5.3.2 MORFOLOGIA

El picudo del algodón pasa por cuatro estados: huevo, larva, pupa y adulto. El tamaño de los adultos en promedio es de 7 mm. De largo.

2.5.3.3 BIOLOGIA

El ciclo de vida, desde la ovoposición hasta que llega a adulto, es de aproximadamente 21 días, pudiendo las hembras colocar más de 200 huevos introducidos preferentemente en los botones florales. Figura 2.9

Figura 2. 9 Ciclo biológico del picudo del algodón



Fuente:[Guía técnica para capacitación en prevención del picudo. Pág. 15]

A los 3 o 4 días de la ovoposición, las larvas eclosionan dentro de los botones florales, permaneciendo allí alrededor de 10 días alimentándose del polen de los introducidos preferentemente en los botones florales mismos.

Los botones atacados se tornan amarillos. Las brácteas se abren y después de 5 días del ataque caen al suelo. En este momento las larvas entran en estado de pupa, permaneciendo así de 3 a 5 días, para luego emerger como adultos.

2.5.4 CONDICIONES FAVORABLES DURANTE EL CICLO VEGETATIVO DEL ALGODONERO

En el ciclo vegetativo del cultivo del algodón se presentan condiciones que son favorables para el desarrollo de las plagas en el algodón como se muestra en la siguiente Tabla 2.3

Tabla 2.3 Exigencias del algodón en temperaturas y lluvias

Periodos del desarrollo del algodón.	Duración aproximada	Temperatura promedio del periodo.	Lluvias. Cantidad mínima para el desarrollo y fructificación más favorable.
1° Desde la siembra hasta la aparición del 50% de las plántulas.	10 a 12 días	18° a 30 °C	30 a 40 mms., siempre que el suelo tenga 10 a 12% de humedad en el momento de la siembra.
2° Desde la aparición del 50% de las	35 a 45 días	18° a 30 °C elevándose	Mínimo 100 mms.

plantitas hasta el comienzo de la floración.		gradualmente.	Máximo 300 mms.
3° Desde el comienzo de la floración hasta el 1° capullo abierto	60 a 70 días	25° a 30°C	200 milímetros
4° Desde el primer capullo abierto hasta la primera recolección.	25 a 35 días	22° a 30 °C	20 a 30 mms.
5° Desde la primera hasta la 2° recolección.	60 a 70 días	20° a 30 °C	5 a 10 mm.
5° Desde la segunda hasta la tercera recolección.	30 a 40 días	18° a 30 °C	5 a 10 mms.

Fuente: [El algodón en Bolivia]. Pág. 27

2.5.4.1 CONDICIONES GENERALES DEL CULTIVO

Las condiciones generales a considerar para el cultivo son el suelo y el clima que es un factor importantísimo en la producción del algodónero.

2.5.4.2 SUELO

Los suelos son composición arenosa son muy favorables para el algodónero, cuando las lluvias son frecuentes y abundantes, pero si pertenecen a una región de pocas lluvias, los

algodonales sufren por escasez de agua la cual se filtra fácilmente hacia las capas más profundas.

Por el contrario, los suelos bajos y de tipo arcillo-arenoso, resultan apropiados para el cultivo, si las lluvias son escasas en cantidad y frecuencia.

2.5.4.3 CLIMA

El clima es uno de los factores más influyentes en el cultivo del algodón ya que es directamente relacionado con el desarrollo del insecto.

Todas las etapas del ciclo de vida del algodón son afectadas por las condiciones climáticas como temperatura humedad precipitación, etc... La duración de cada etapa de crecimiento, así como la cantidad y la intensidad del desarrollo de la planta dependen de estos factores climáticos. Es muy difícil el aislar un factor de otro porque existen interacciones entre ellos.

2.5.4.4 TEMPERATURA

Los estudios realizados indican que es sumamente importante establecer las relaciones de temperatura en el desarrollo de las diferentes etapas del insecto en la siguiente Tabla

Tabla 2.4Oviposición del picudo en relación con la temperatura.

Temperatura	Período de pre-oviposición	Período total de oviposición	Oviposición diaria, primeros 10 días.	Oviposición diaria, periodo completo	Oviposición total
°C	Días	Días	Promedio	Promedio	Promedio
18-31	5,8	21,5	14,8	11,6	249,5
18-31	4,8	20,8	15,4	12,7	264,0
18-31	7,5	39,8	11,2	8,3	312,0

18-31	7,5	32,0	9,6	7,6	242,7
18-31	9,9	41,0	3,5	3,9	157,7
18-31	15,7	24,0	2,1	3,0	72,5

Fuente: [Memorias “Cartilla para el cultivo algodonero”, Pág. 32]

2.5.4.5 HUMEDAD

En efecto de la temperatura sobre el picudo difiere a la humedad en que una baja humedad le es desfavorable al insecto, pero una humedad alta le es favorable mientras que las temperaturas tanto bajas como altas le son totalmente desfavorables como se muestra en la Tabla 2.5

Tabla 2.5 Relación entre la humedad y comportamiento de oviposición.

Humedad Relativa	Botones infestados	Supervivencia en Estados inmaduros.
Porcentaje(%)	Número	Porcentaje
50	635	5,0 ± ,00
60	756	19,4 ± ,13
65	115	24,3 ± ,21
70	1.250	25,4 ± ,09
75	1.075	29,7 ± ,17
80	3.397	34,3 ± ,13
75	2.308	39,1 ± ,22
90	895	44,7 ± ,31

Fuente:[Memorias de plaguicidas agrícolas, Cochabamba (24 – 26 nov. 2002). Pág. 47]

El algodón requiere de cuatro a cinco meses de temperaturas uniformemente altas durante el periodo de crecimiento. Su óptimo desarrollo lo consigue a temperaturas de 22°C.

La temperatura influye en la duración del ciclo del algodón, cuanto mayor la temperatura media, menor será duración de cada fase de desarrollo de la planta.

El cultivo del algodón se desarrolla muy bien con temperaturas de 20 a 25°C, pero tiene un desarrollo óptimo con temperaturas que oscilan entre 21 a 22°C.

2.6 ASPECTOS DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL CULTIVO DEL ALGODÓN Y SURELACION CON ELCONTROL DEL PICUDO.

El desarrollo del cultivo puede dividirse en cuatro etapas son relación a la evolución de la planta y a la formación de nudos tanto en el tallo principal y ramas.

- Desde la siembra hasta la aparición del primer botón floral (35 días).
- Desde la aparición del primer botón hasta la aparición de la primera flor (22 a 26 días).
- Desde la aparición de la primera flor hasta la obtención de la primera capsula de tamaño máximo (21 a 25 días).
- Desde la aparición de la primera capsula de tamaño máximo hasta la aparición del primer capullo (28 a 30 días).

2.7 DAÑOS EN EL CULTIVO

“El daño es el decremento o perjuicios que causan las plagas directa o indirectamente en los cultivos, sin que esto signifique perdidas en la cosecha”.

El picudo del algodón produce todo tipo de daños bien diferenciados, según se trate de cumplir con sus hábitos reproductivos y alimenticios.

Para cumplir con sus hábitos reproductivos, el insecto se desarrolla en el interior de los botones florales o de las capsulas inmaduras. Al hacerlo en botones, estos caen produciendo lo que se conoce como derrame floral (Shedding parasitario).

El botón atacado comienza a tomar un color amarillento, se abren las brácteas que lo dejan al descubierto y se produce la caída antes de formarse la flor. Si se recoge ese material, los daños de ovoposición se observan como agujeros con un característico tapón de cierre, encontrándose en ese botón floral cualquier estado inmaduro del insecto (larva o pupa). Si la hembra realiza las posturas en las anteras inmaduras o casi maduras, estas sufren un progresivo necrosamiento como consecuencia de la alimentación de las larvas.

Los daños producidos por los hábitos de los adultos machos y hembras, se manifiestan como orificios huecos, profundos y limpios que se ubican generalmente en la parte superior del órgano afectado.

Si la alimentación se hace en flores abiertas, el picudo permanece en su interior alimentándose de granos de polen y de los pétalos. La ingesta de polen, tanto en la hembra como en el macho, es fundamental para cumplir todas las etapas de su ciclo y los procesos vitales de la especie.

Los algodones fuertemente atacados por el picudo, presentan un gran desarrollo vegetativo, con excelente aspecto, pero sin flores y por consiguiente sin producción.

2.8 PROCESO PARA LA DETERMINACION Y CONTROL DE PLAGAS EN EL ALGODONERO

Los factores ambientales determinan la intensidad y ocurrencia de las plagas agrícolas. Las plantas también se ven afectadas en cada etapa de su desarrollo, crecimiento por las

condiciones del medio, que determinan en ellas, una menor y mayor susceptibilidad al ataque de las plagas. El clima influye en áreas de dispersión de una determinada especie de insecto. En cambio, el tiempo atmosférico influye más sobre la intensidad de la plaga.

Con experiencias anteriores se ha demostrado que un mal manejo de plagas puede acarrear serias consecuencias, tales como: aparición de nuevas plagas aumentando los niveles de alguna de ellas, incremento en el costo, producción y aun la desaparición de zonas enteras como productoras de fibra.

2.8.1 METODOS DE CONTROL

Las diferentes estrategias que existen para el control de plagas carecen por si solas de un adecuado resguardo a los cultivos, el uso indiscriminado de pesticidas trajo como consecuencia la contaminación ambiental, como una respuesta a las deficiencias en la protección de los cultivos debido a los elevados residuos tóxicos en los productos agrícolas, aumento de la resistencia de plagas, destrucción de los enemigos naturales, además de una notable incidencia de muerte por intoxicación y elevados costos de protección para los agricultores por el número de aplicaciones requeridas y mayor precio de los productos, por lo que es necesario contar con una herramienta que apoye a un control de manejo integrado.

Por estas razones, las recomendaciones técnicas para realizar el cultivo del algodón en presencia de la plaga, deberán basarse en varios métodos que en conjunto concurrirán por la reducción del número de insectos adultos.

Los métodos de control pueden dividirse en cuatro grandes grupos:

- ✚ Control Cultural.
- ✚ Control Biológico.
- ✚ Control Químico.



CAPITULO III
DISEÑO
METODOLOGICO

CAPÍTULO III

3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 INTRODUCCIÓN

Para este capítulo lo que se tiene que mostrar es el diseño y la realización de lo que es el Sistema Experto, el que es referido y elaborado con la ayuda de lo que se denomina base del conocimiento y el respectivo motor de inferencia referido a este Sistema Experto, podemos mencionar que esta es una etapa para que el ingeniero de conocimiento así como el experto humano realizan una labor del respectivo análisis y la estructuración de la investigación que dio como resultado el conocimiento obtenido para su uso respectivo.

La metodología en la que se utiliza para el respectivo diseño y elaboración del Sistema Experto y como base para su descripción es la metodología de Buchanan, realizando una descripción de las diferentes etapas de elaboración de un Sistema Experto a modo de estructura que este tiene, también utilizando la respectiva arquitectura que es la clásica, cabe mencionar que para la representación de los conocimientos inciertos se utilizara la representación de conjuntos difusos.

Como nos indica la metodológica de Buchanan lo que son las diferentes etapas que esta metodología explica. Lo que se realizara en la fase de Identificación es el reconocimiento del problema y los intérpretes de esta, vale decir los encargados y participantes que actúan en el desarrollo del Sistema Experto, los recursos que se requieren o se utilizan y los requerimientos que se necesitan para su respectiva elaboración. También decir que el Sistema Experto necesita una arquitectura propuesta para la determinación y control de las plagas en el algodón, dicha arquitectura posee

ciertos componentes, miembros que son fundamentales en la realización del respectivo Sistema Experto.

En la etapa de Conceptualización se realiza la adquisición o el hallazgo del conocimiento necesario aplicando técnicas como entrevistas, consultas a referencias sobre el tema, libros especializados del tema, artículos así como revistas sobre las plagas que atacan a la planta del Algodonero, lo que se pretende es conseguir, hallar y llegar a ciertas definiciones extraídas del conocimiento hallado, así como las respectivas conclusiones relevantes otorgados por los medios conocidos.

En la etapa de formalización se realizara la relato formal del conocimiento hallado, lo que se trata de indicar es que la realización de las diferentes actividades tales como el diseño de la base de conocimiento, y este a su vez que es una composición de una base de hechos y de reglas que ya fueron establecidas al realizar el trabajo de investigación, pero para esta elaboración es imperativo la identificación de lo que son las variables de entrada, la utilización de la teoría de conjuntos difusos para hallar una interpretación con un alto grado de acercamiento a lo exacto en la interpretación de lo que son las plagas que atacan la planta del Algodonero gracias a lo que son los conjuntos difusos y lo que estos representan y las funciones propias de pertenencia que son halladas según a las diferentes variables lingüísticas que presentan ciertas características y que poseen un comportamiento difuso, Pero para la elaboración de nuestro motor de inferencia ya se plantean la base de las diferentes y variadas reglas planteadas para llegar a ciertas conclusiones del Sistema Experto.

Para la etapa denominada Implementación, el referido Sistema Experto es elaborado con la herramienta Software denominada SWI-Prolog, dicha herramienta que presenta ciertas características propias y que es muy útil en la elaboración de Sistemas Experto y que tiene ya una gran trayectoria y esta al conocimiento de muchas personas que ya trabajaron con esta herramienta muy útil. Se realiza la programación de hechos y de la

base de reglas que da a conocer el denominado motor de inferencia y este a su vez infiere para dar un resultado acerca de las plagas que atacan a la planta del algodón.

Acerca de la etapa de la prueba de software en la que se realizan los diferentes ensayos a modo de pruebas al sistema experto con una variedad de casos analizados para la obtención de nuestro resultado.

Y por último en la etapa de Revisión en la que se realiza una revisión del producto para plantear las diferentes observaciones para buscar mejoras a este sistema experto hallado.

Cabe destacar que la etapa de revisión está inmersa en las diferentes y anteriores etapas a esta, de esto es de lo que se trata la metodología de Buchanan, la realización de revisiones en las diferentes etapas.

3.2 METODOLOGIA EN EL DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO.

La metodología utilizada en el desarrollo del sistema experto en la determinación y control de plagas en el algodón es la Metodología Buchanan, esta misma metodología consiste en un el desarrollo de una serie de fases o etapas para su construcción y desarrollo para un buen seguimiento del mismo.

3.2.1 FASE 1 – IDENTIFICACION

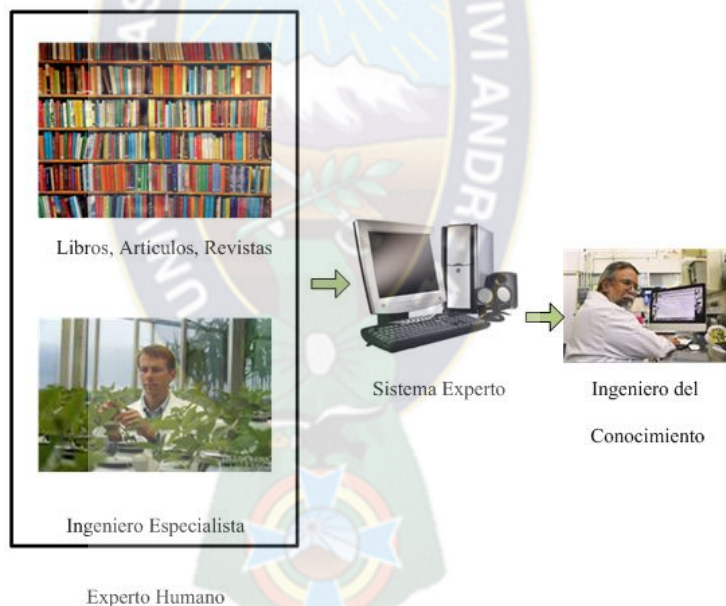
Esta es la etapa de identificación en la que realizamos la identificación de las diferentes plagas y las características propias de cada uno de estos; las caracterizaciones, fuentes del conocimiento; la utilización de la herramienta Software; también la identificación de lo que lo se quiere alcanzar ya sean estos los objetivos y las metas que quieren lograr.

Con el Sistema Experto se trata de dar una determinación y control de plagas en la planta del algodón, explicación que necesita de información acerca de las diferentes plagas por las que es atacada la planta, para hallar dicha información es necesario la búsqueda mediante el uso de referencias a estas plagas, tales como ser; Consultas con

expertos, consultas a los diferentes libros referentes al tema, revistas, artículos y otras fuentes de información en las que nos pueda hablar acerca de las plagas del algodón y darnos referencias de las características propias de cada uno de estos, que nos llevara a la elaboración de el Sistema Experto referido a este ámbito.

Se tiene que tener una clara referencia acerca de los elementos que influyen en la elaboración de la investigación así como el papel de estos sobre sus funciones y acerca del conocimiento que de estos sobre el tema.

Fig 3.1 Elementos que intervienen en la elaboración del Sistema Experto SECONALG.



Fuente: Elaboración Propia

Los elementos interventores en la elaboración del Sistema Experto para la Determinación y Control de Plagas en el Algodonero son los siguientes:

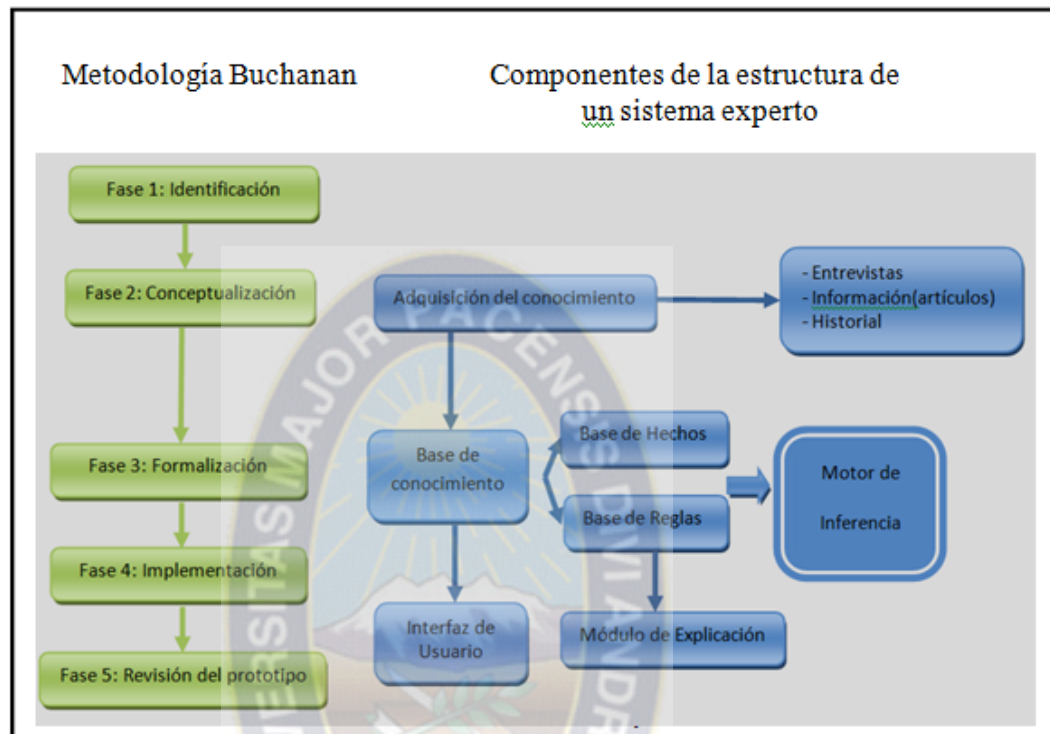
- Experto Humano, que para las consultas respectivas a esta tesis es un Ingeniero Agrónomo, al que se le consulto

- Libros, los cuales tocan el tema de las plagas y sus características en la planta del algodón.
- Artículos, mensuales acerca de plantas y en este caso acerca del algodón.
- Estudios realizados, dichos estudios son realizados en dos partes, la primera de las diferentes plagas y sus características y como estas atacan a la planta del algodón.
- Ingeniero del Conocimiento, persona que tiene como función la elaboración de y toma de datos de la investigación realizada para formar la estructura de lo que se denomina conocimiento a través del experto humano.

La consulta al especialista en el área y la consulta de libros para la obtención del conocimiento se encuentra estructurada mediante la asignación de ciertos signos, también se encuentra una leyenda que permite colocar un símbolo a los diferentes hechos en la determinación de plagas, se hace uso de árbol de conocimiento en la etapa de la representación del conocimiento y también para realizar la significación de las diferentes características de la plaga así como las reglas de inferencia para inferir. El árbol de conocimiento para que sean representadas las diferentes incertidumbres.

A continuación mostramos la arquitectura que se utilizara para la elaboración del sistema experto. Figura 3.2

Figura 3.2 Estructura del Sistema Experto



Fuente: Elaboración Propia

De la arquitectura del Sistema Experto que se encuentra en la Figura 3.2 se pueden observar que compone a ciertos miembros, que también con los componentes de este, se describe según los siguientes criterios:

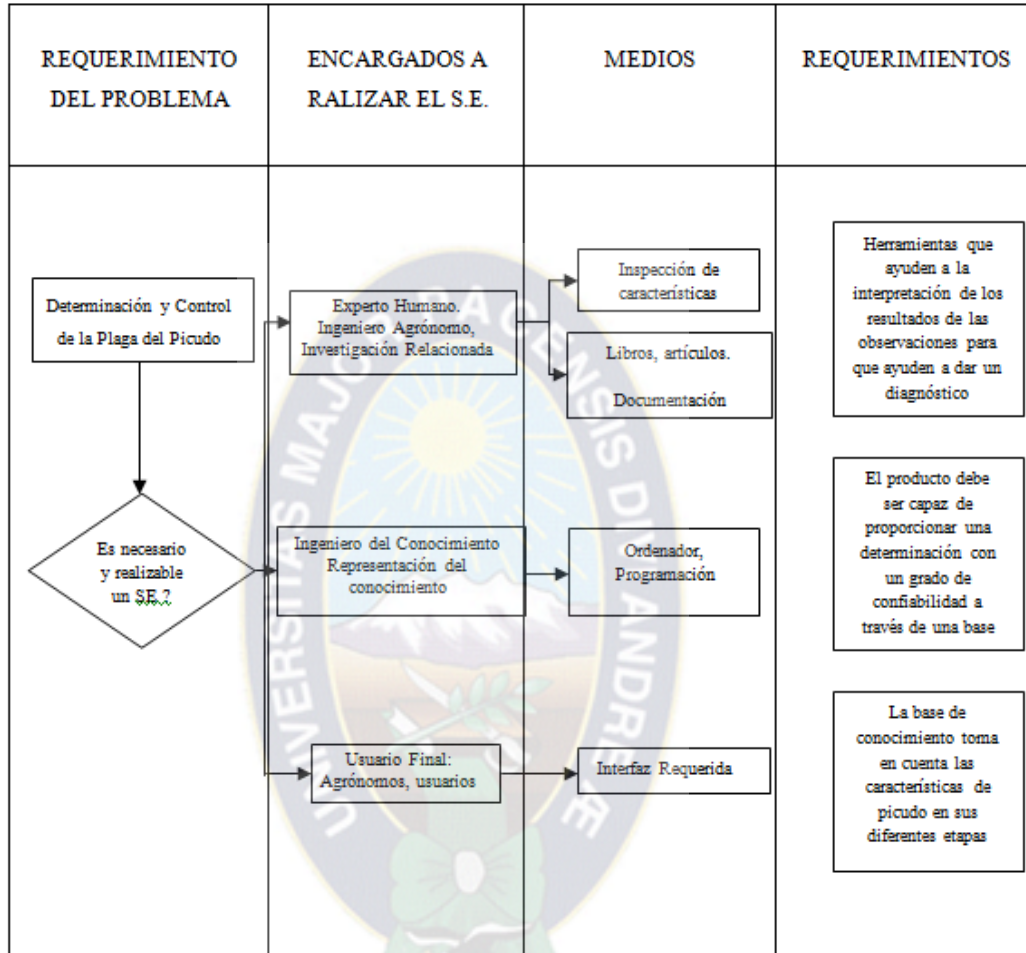
- Las entradas son las características que presenta un algodónero, que a su vez puede presentar características de haber sido atacado con alguna plaga, que estas características describen una probabilidad.
- La base de conocimiento que posee el análisis del especialista en el área, que es el ingeniero agrónomo, esta base esta formalizada y estructurada para su uso necesario.
- La representación del conocimiento, esta nos ayuda a la descripción hechos y reglas de sucesos que pasan, para la elaboración de diagnostico, en la que se utiliza las reglas para inferir inserciones, también que lo que llamamos incertidumbres son representadas por medio de la ayuda de la Inteligencia Artificial por el árbol de

conocimiento, puesto que se necesitan de conjuntos difusos en las que hay varias respuestas a ciertas preguntas y es así como el árbol de conocimiento nos ayuda en la representación de estos datos. Así mismo el árbol de conocimiento nos ayuda para realizar una evaluación sobre las características que presenta las diferentes plantas del algodón y como estas pueden presentar características de estar siendo atacada por una plaga, también que el árbol de conocimiento nos ayudara a obtener respuestas en una apreciación más concreta que es un SI o un NO y como es sabido estos tipos de respuesta no necesitan una función de pertenencia estas últimas no necesitan de una función de pertenencia acerca de cada una de las características presentadas puesto que gracias a uso del árbol de conocimiento que da como resultados algo que es verdad o falso.

- Las salidas que son la respuesta la conclusión de a qué tipo de plaga pertenece o tal vez que la planta no fue atacada por ninguna plaga según los datos de entrada, la base de conocimiento y el motor de inferencia que esta posee.
- La interfaz de usuario que se refiere a la forma de comunicación entre usuario y sistema experto en el ambiente de emisor receptor y también de mensaje y respuesta por medio de una interfaz de usuario.

En esta etapa se puede identificar acerca de los requerimientos para la realización del diseño de nuestro producto, se debe también establecer los límites de los alcances que tiene el producto. En la siguiente Figura 3.3 se puede observar un panorama en el cual podemos apreciar a elementos que influyen en el estudio como son: el problema, encargados, medios y requerimientos los cuales son necesarios para poder llevar a cabo el diseño del sistema experto.

Figura 3.3 El problema, los participantes, medios, y requerimientos para el SE.



Fuente: Elaboración Propia

3.2.1.1. ADQUISICION DEL CONOCIMIENTO

De la definición de lo que significa la palabra adquisición viene a lo que se refiere como se consigue la información o más propiamente la obtención de la información que es referido al proceso de cómo se reúne la información relevante respecto al tema a tratar, que se la obtiene de diferentes fuentes que constituyen en lo que se debe de llamar la base principal para conocer acerca de las plagas que atacan a la planta del algodón.

Lo que también se debe añadir a esto es lo que se refiere a la descripción de las diferentes y cada una de las plagas que atacan al árbol del algodón así como sus diferentes características que presenta la planta cuando es atacada por una de estas.

Finalmente se debe dar a conocer las soluciones que se plantean respecto al ataque de cierta plaga a la planta del algodón como parte de solución para su restablecimiento al estado normal de esta planta.

3.2.2. FASE 2 - CONCEPTUALIZACION

Lo que se refiere a la conceptualización en la comprensión acerca de cómo se domina el problema y acerca de la terminología otorgada en su uso. El objetivo de esta es la clara identificación y la caracterización acerca de cómo se tiene en problema por su estudio, análisis, caracterización por medio de entrevistar, cuestionarios realizados a las personas que están especializadas en el campo, en este caso como ser el ingeniero agrónomo, que trabajo bastante con la planta que es el estudio es el algodón.

De las entrevistas y cuestionarios en las que se tiene a estas como una técnica para la adquisición del conocimiento, estas poseen diferentes características y ventajas, entre las ventajas hay algunas como ser una forma mediante la cual se tiene la obtención eficiente, fidedigna, puesto que mediante estas se obtiene una descripción útil del dominio y esta a su vez revela las diferentes relaciones en sí, para la parte de la determinación de la incertidumbre que es la referida a nuestro SE y este establezca un enlace para así realizar una desembocadura hacia las conclusiones que nos darán una respuesta acerca del estado de la planta del algodón.

En la parte de anexos se puede observar la entrevista que se realizó al experto del área en este caso el ingeniero agrónomo así mismo se tiene un glosario de términos, para tener en claro cuáles son los nuevos conceptos y sus respectivas definiciones para que las personas puedan tener un claro panorama del tema que se está hablando y para poder

tener una comprensión clara del tema del algodón y acerca de la investigación que conduce al diseño de un sistema experto.

En esta parte se tomaron en cuenta varios de los conceptos necesarios para comprender acerca del tema de la planta del algodón y las diferentes plagas que atacan a este así como los conceptos varios que son necesarios para una comprensión muy clara acerca de este tema, y para esto se consultó a experto humano en el campo, los conceptos que influyen en su comprensión son los siguientes:

- **Qué es el algodón.**-El algodón proviene del algodón, planta del género *Gossypium*, perteneciente a la familia de las malváceas, con más de 40 variedades conocidas. Las hilachas del algodón son una fibra suave que crece para proporcionar protección a las semillas de la planta de algodón.
- **Importancia Económica del algodón.**-Es importante mencionar aspectos como que la reducción en la superficie cultivada en los principales países productores así como la merma en la productividad, fueron los elementos fundamentales que llevaron a la producción, en 1998/99, a su nivel más bajo de la segunda mitad de la presente década, ubicándose aproximadamente 8.0% por abajo de la obtenida en 1995/96, año en el cual se alcanzó la mayor producción del último quinquenio de la década de los noventa .
- **Picudo del algodón.**-El picudo del algodón, *Anthonomus grandis*, es considerado la principal plaga de los cultivos de algodón en América; la más destructiva, debido a su capacidad biológica de reproducción, dispersión y colonización. Resulta a la vez, la plaga más importante en la zona algodonera del Nordeste argentino, capaz de causar pérdidas significantes a la producción.
- **Pesticida autorizado.**- Estos pesticidas pueden ser colocados en la planta del algodón y estos evitan que la planta continúe siendo dañada, al ser un pesticida autorizado se refiere a que la planta del algodón puede recibir cierta

cantidad de químicos sin sufrir daños para la planta y así mismo al fruto, cuando esta llega a esa etapa.

- **Pesticida Bt.-** El pesticida B es un pesticida autorizado y también este puede proteger a la planta del algodón una vez que fue atacada realizando una cobertura de la planta en la parte interna o externa de esta llegando así a proteger a la planta para su crecimiento continuo.
- **Trampas con feromonas.-** La trampa consta de tres partes, un cuerpo que hace de cilindro colector, una pantalla cónica y una cámara de recolección. El color amarillo-verdoso del cilindro imita el color de las plantas donde el insecto se alimenta y vive. Una feromona artificial contenida en un dispenser se coloca en la cámara de recolección para atraer a los picudos, tanto machos como hembras, junto con un dispenser de insecticida para matarlos.
- **Revisión de la plantación.-** Este término se refiere a la revisión que realizan las personas encargadas de cuidar a la plantación de algodón en todas sus etapas, este término también se la utiliza para indicar que las plantaciones sean revisadas tomando en cuenta una muestra.
- **Hábitos del Picudo.-** Cuando nace, el adulto comienza a alimentarse de polen en flores abiertas de algodón o del que consigue perforando los botones florales hasta llegar a las anteras. A los cuatro días se aparea y comienza la ovoposición reiniciando el ciclo biológico.

3.2.2.1. DEFINICION DEL CONOCIMIENTO

La Identificación y selección del origen del conocimiento. Las tareas de identificación y selección del origen del conocimiento son las siguientes:

3.2.2.2. IDENTIFICACION DEL ORIGEN

Los orígenes del conocimiento fueron el experto Grover Balboa Ingeniero en Agronomía, también el uso de diferentes libros y revistas de consultas que nos sugirió el experto humano.

Tabla 3.1 Bibliografía como fuente de conocimiento

TITULO	AUTOR
El Picudo del Algodonero. Manejo Integrado en época de cultivo	Trochez P. Herazo
Bioecología y manejo del picudo del algodón	Daxi R. Hernandez
The Basic Principles of Insect Population Suppression and Management	Knipling E.
El picudo del algodón, una superplaga	Suarez, H. y Castro.
Bases técnicas para el cultivo del algodón	Alcaraz H., Cardona C., Rendon F.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.3. IMPORTANCIA DEL ORIGEN

Este es uno de los puntos en los que se debe tomar muy en cuenta puesto que su importancia es muy evidente en la adquisición de conocimiento porque desde este punto se comenzara a elaborar el Sistema Experto propiamente dicho.

En lo que se considera el punto importante del origen se toma en cuenta el correspondiente a todos los datos que nos da a conocer el experto Ingeniero Agrónomo

en cuanto a la importancia del mismo para el desarrollo del sistema, se toma en cuenta lo que es información referida y adquirida a través de textos, revistas y artículos publicaciones que hay en internet.

También se debe tomar en cuenta los diferentes casos de problemas con el picudo presentados en diferentes etapas y que el experto ingeniero agrónomo y estudiosos investigadores del área, etc.

Se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Tabla 3.2 Importancia del origen del conocimiento

ORIGEN DEL CONOCIMIENTO	IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO
Ingeniero Agrónomo (experto e investigador)	Importancia Primaria
Textos	Importancia Secundaria
Artículos, publicaciones, revistas	Importancia Terciaria

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.4. DISPONIBILIDAD DEL ORIGEN

Como se va adquiriendo el conocimiento se tiene que se llega a tomar en cuenta lo que es la disponibilidad del mismo y se toma en cuenta cuán importante es para la solución y desarrollo del sistema.

Como se toma en cuenta al experto humano(Ingeniero Agrónomo), también es de suma importancia que se deba tomar en cuenta los diferentes textos en los cuales se explican y recomienda que en caso no contar so el Ingeniero Agrónomo se debería tener los libros para la consulta correspondiente.

Tabla 3.3 Disponibilidad del origen del conocimiento

ORIGEN DEL CONOCIMIENTO	IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO
Ingeniero Agrónomo (experto)	Disponibilidad de Acceso Medio
Textos	Disponibilidad Inmediata
Artículos, publicaciones	Disponibilidad Inmediata

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.5. SELECCION DEL ORIGEN

En el momento de tomar en cuenta el origen del conocimiento nos encontramos con lo dificultad de recopilar información que no se la puede hacer de manera inmediata con el experto humano puesto que este muchas veces se encuentra realizando sus actividades diarias, es así que tenemos que vernos con la necesidad de recopilar información de otras fuentes como la siguiente que están disponibles que son los textos para despejar alguna duda en cuando a la investigación que realizamos.

Tabla 3.4 Disponibilidad del principio del conocimiento

Origen del Conocimiento	Importancia	Disponibilidad	Acceso semanal
Ingeniero Agrónomo(experto)	Primaria	Accesibilidad media	1 a 3 veces por semana

Textos	Secundaria	Inmediata	Cualquier día de la semana
Artículos, publicaciones, etc.	Terciaria	Inmediata	Cualquier día de la semana

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.6. TAREAS DE ADQUISICION, ANALISIS Y EXTRACCION DEL CONOCIMIENTO

Para la recopilación de la información que se debe recabar de manera adecuada podemos mencionar varias puesto que es una de las funciones en las cuales nos enfatiza la extracción de lo que se denomina conocimiento especializado por medio de la adquisición del mismo.

Se mencionan las siguientes:

Tabla 3.5 Adquisición del conocimiento

Fuente de Conocimiento	Método de Extracción
Experto Ingeniero Agrónomo	Para la entrevista con el experto se utilizo la técnica de rejillas de repertorio
Textos	Recolección de ideas principales. Realización de esquemas.

Documentos, Artículos, Revistas, etc.	Redacción breve de ideas principales. Realización de fichas.
---------------------------------------	-----------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.7. ESTRATEGIA DE ADQUISICION

La descripción a continuación da a conocer lo que fue la entrevista que se desarrollo con el objetivo de mostrar las características esenciales que el Sistema Experto debe poseer.

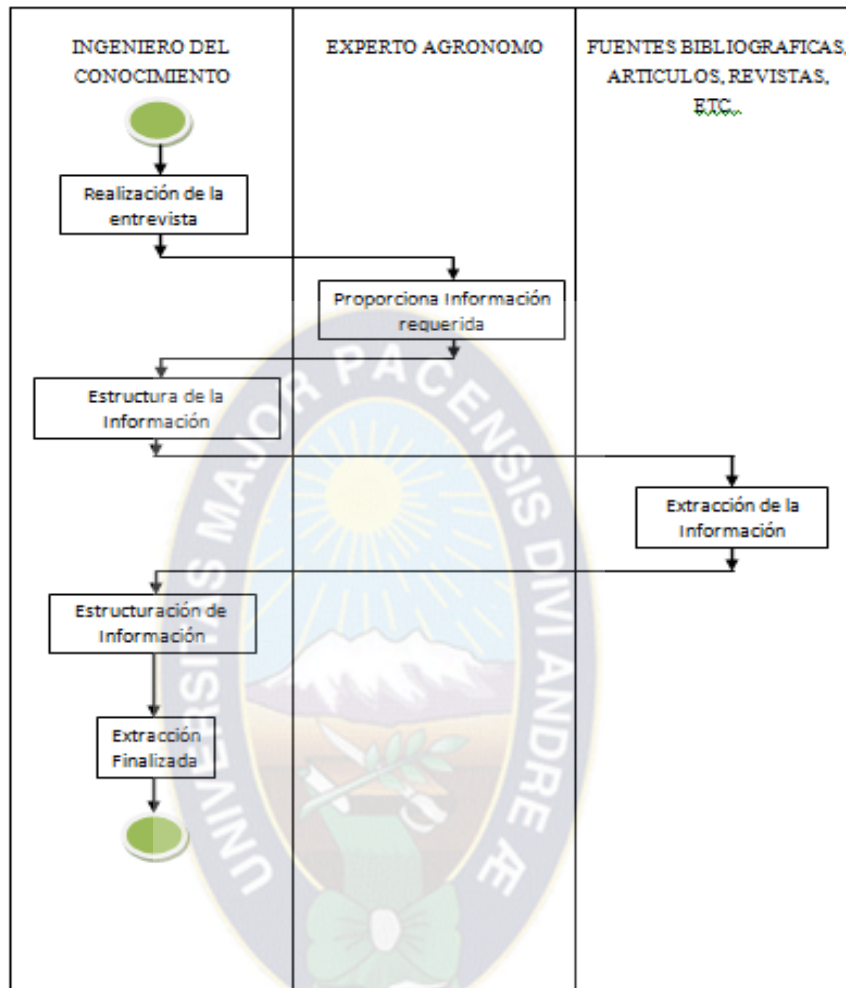
En reuniones primarias se busco una plena descripción de los saberes generales del tema y así mismo familiarizarse con los términos técnicos del dominio en cuestión.

El paso siguiente referente al proceso de obtener fue la realización de la correspondiente documentación conocida.

Este estudio nos ha permitido aprender acerca del dominio del problema, la existente documentación referente a problemas de ataques y control de la plagas en el algodón que fue entregada por el experto humano (Ingeniero Agrónomo), lo cual ha permitido estudiar y asimilar la información y el conocimiento que ayudo a que se dé una relación con para con el experto humano (Ingeniero Agrónomo).

Para que se pueda realizar una correcta la adquisición del conocimiento que es útil en el desarrollo, se la realizo siguiendo la correspondiente forma:

Figura 3.4 Diagrama de adquisición de conocimiento



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.8. IDENTIFICACION DE LOS ELEMENTOS DEL CONOCIMIENTO

Esta etapa se debe realizar el reconocimiento de lo que se denominad conocimiento específico que se fue proporcionado, puesto que este es lo que denominaremos el origen del conocimiento importante en el área.

Este denominado origen del conocimiento a la que hacemos referente en nuestra investigación tuvo como base de estudio la experiencia de la persona experta en el área de Ingeniería Agronómica, quien fue la persona que nos otorgo la información y consejos de cómo es que el sistema debe estar constituido.

En la segunda etapa del conocimiento se tiene que toma como relevante todas las sugerencias otorgadas por el experto humano y la otra fuente que fueron los textos consultados, documentos, artículos y publicaciones con respecto al área tocada.

3.2.2.9. SISTEMA DE CLASIFICACION DEL CONOCIMIENTO

Tomando como referencia las diferentes entrevistas así como la información que recolectada con el experto humano (Ingeniero Agrónomo), realizamos la clasificación de la información tal como se detalla a continuación:

La planta podría presentar características referentes al de ataque de la plaga mediante las cuales nos indican cuales son los problemas presentados con respecto a su estructura y su forma, así también de cómo observar las características que esta presenta y que claramente ofrece una idea de lo que la planta atacada y estudiada presenta.

A continuación se darán a conocer los estados de la plaga del picudo en los que estos atacan a las plantas del algodón y se las mencionara como va a continuación:

La planta es atacada por el picudo, cuando esta mencionada plaga se encuentra en el estado de huevo que es cuando reside dentro de la planta, la larva es otro estado en el que el picudo se encuentra dentro de la planta, la pupa que es el ultimo estado en la cual el picudo del algodón se encuentra dentro de la planta y por último se tiene al estado adulto del picudo del algodón en el cual esta plaga completo su desarrollo.

La planta puede sufrir el ataque de esta plaga en cualquiera de sus etapas de desarrollo, así mismo que el picudo del algodón ataca a la planta en cualquiera de los estados en que esta mencionada plaga se encuentre, cabe mencionar que la planta del algodón se encuentra vulnerable cuando no se tiene cuidados, a ser atacado por esta temible plaga.

Cada uno de los estados de esta plaga vale decir huevo, larva, pupa y adulto presenta una serie de características en las cuales ataca, así mismo la planta en la cual se puede dar en puntos a considerar como **poco notorio, notorio y muy notorio**, en cada una de las etapas de crecimiento en las que se encuentra esta plaga, en la que indiscutiblemente afecta a la planta del algodón.

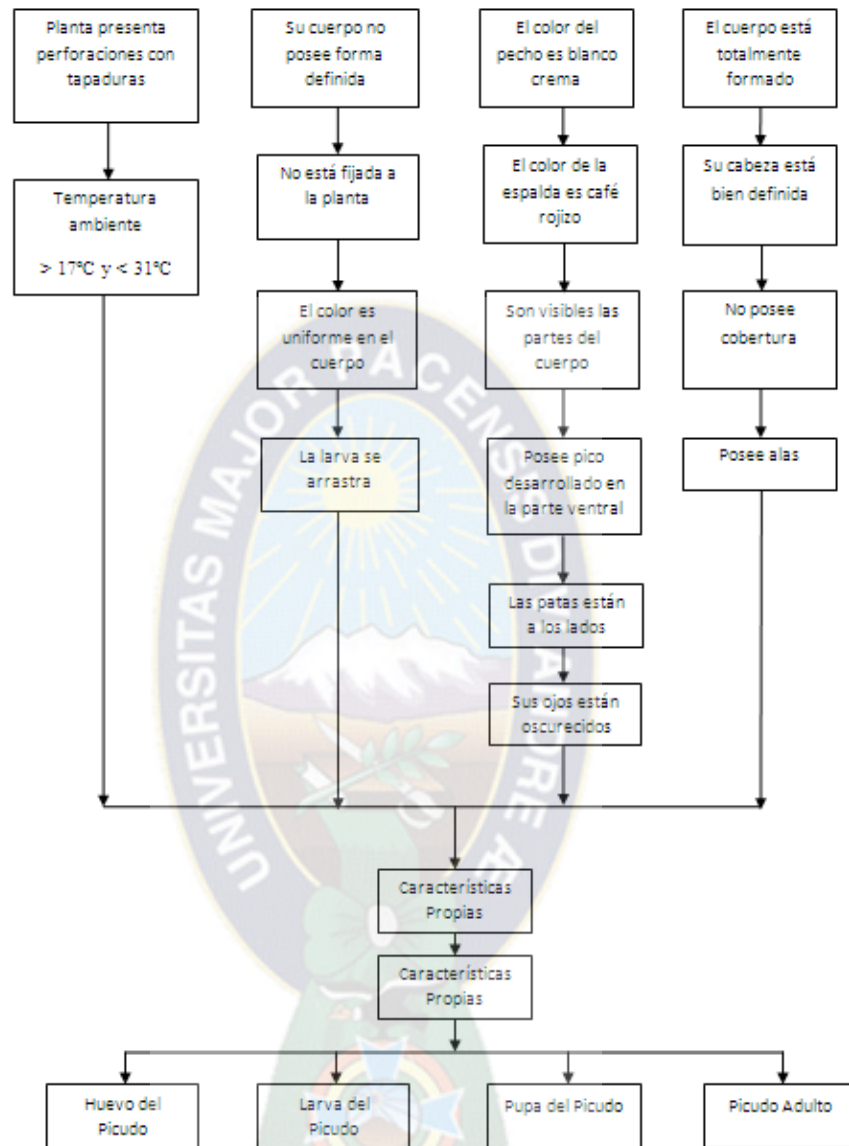
Al referirnos a la plaga del picudo tanto como huevo, larva, pupa y también el picudo del algodón adulto tienen sus propias formas y características propias para con el ataque hacia la planta y esta a su vez presenta etapas propias de crecimiento.

Se realizará un análisis de las características presentadas en el picudo que se encuentra en la planta del algodón.

Podemos tomar como relevante en este estudio algunas características subjetivas que presenta el picudo del algodón en el presente estudio.

Se dirá que los aspectos más característicos que presenta el picudo en una planta del algodón son tomados en cuenta con respecto al ataque del mismo a la planta.

Figura 3.5 Clasificación de las características

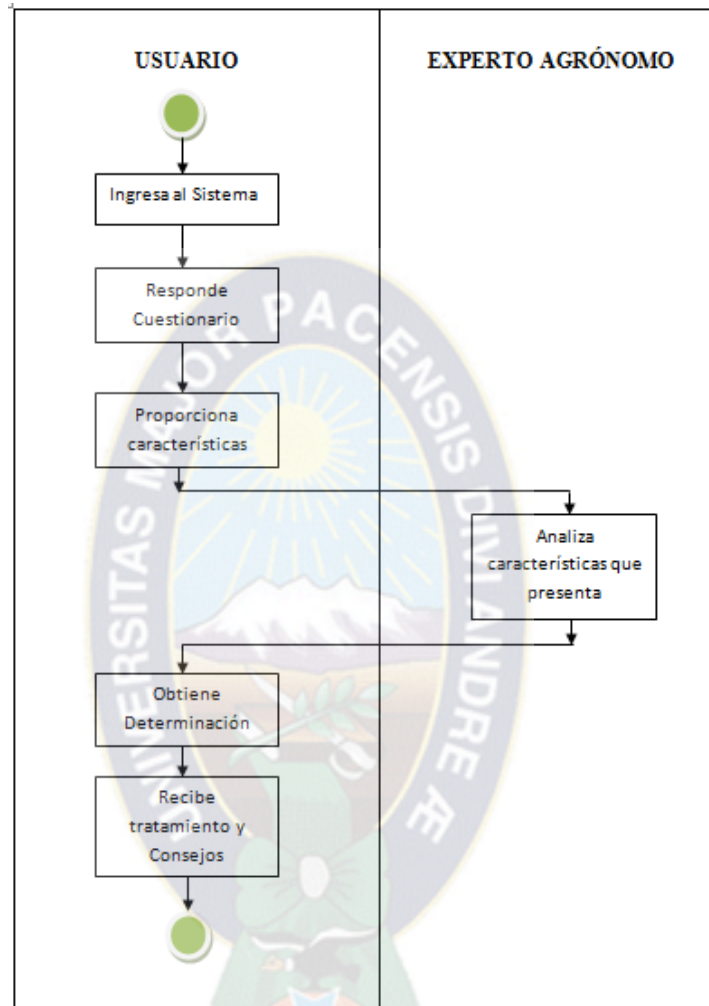


Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.10. FLUJO DE CONTROL PRELIMINAR

Se realizan las distintas actividades que el sistema y el agricultor deberían seguir y realizar.

Figura 3.6 Diagrama de actividades



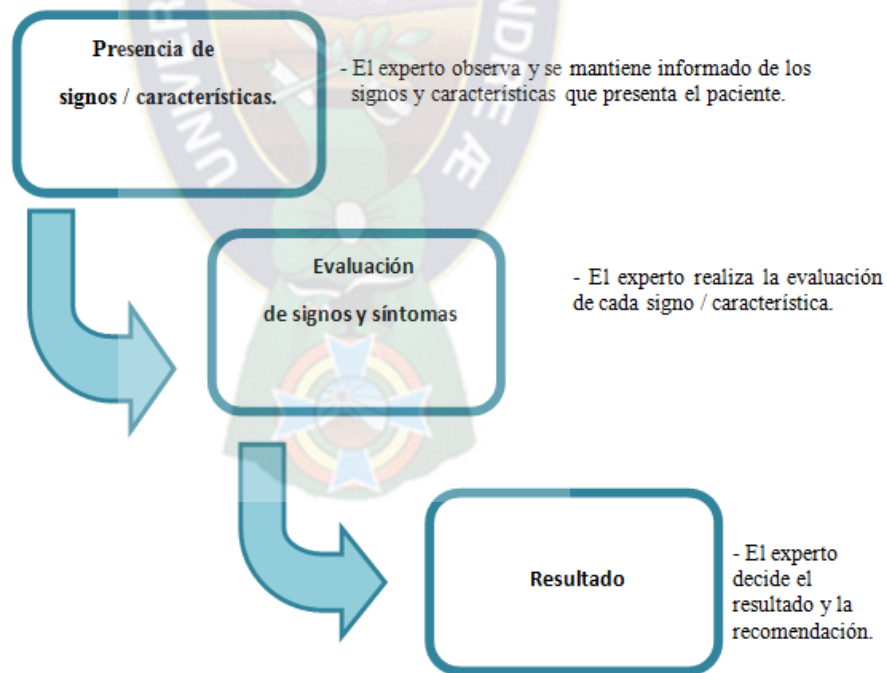
Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.11. DEFINICION DE TAREAS

El sistema experto tiene que realizar los objetivos establecidos, así mismo que tiene que cumplir funciones para la concretización de hallar soluciones a interrogantes o cuestiones que el usuario se plantean, lo que a continuación se describirá son especificaciones lo que se denomina lenguaje natural.

- Informar a las personas acerca de los problemas y de la plaga del picudo y el ataque hacia la planta del algodón.
- Proporcionar un llamado reconocimiento a tiempo del problema para que así se puedan evitar grandes problemas en las plantaciones así mismo de las pérdidas monetarias a causa de esta plaga.
- Proporcionar información acerca de las recomendaciones que se deben llevar a cabo una vez se identifica a esta plaga.
- Dar a conocer a los usuarios en este caso los trabajadores en el área o al mismo propietario de las plantaciones de algodón sobre si hay una solución una vez se encuentra esta plaga en las plantaciones.

Figura 3.7 Proceso de evaluación de control y detección de la plaga en el algodón.



Fuente: Elaboración Propia

3.2.2.12. REPRESENTACION DEL CONOCIMIENTO

3.2.3. FASE 3 - FORMALIZACION

Ya realizada la conceptualización del conocimiento se debe llevar a cabo la expresión del mencionado conocimiento por medio de lo que es conocido como la manera formal, es en esta etapa en la que se tiene como objetivo llevar a una expresión de los conocimientos acerca del problema así como la resolución de cierto tipo de estructuras que ayudan a la utilización de estas para cuando se lleve a la realización del uso y solución por medio de las herramientas computarizadas.

Se tienen diferentes técnicas en la formalización una de ellas es la denominada sistema de producción, dicha técnica es muy conocida e importante puesto que se la usa para realizar la expresión formal de los conocimientos de un dominio.

Se debe mencionar que la arquitectura de un sistema de producción está formada por elementos, estos a su vez son tres y son:

- Base de Hechos.
- Base de Reglas o Producciones.
- Estrategia de Control.

3.2.3.1. BASE DE CONOCIMIENTO

La Base de Conocimiento es aquella que contiene al conocimiento especializado, es decir que es la obtención del conocimiento mediante estudios obtenidos por un experto en el dominio. Está claro establecer que son los conocimientos sobre el dominio en el cual el experto se desempeña es su diaria labor.

3.2.3.2. MODULO BASE DE HECHOS

Un hecho puede llegar a originar la realización y/o el cumplimiento de una regla.

Nuestra base de datos o lo que llamamos la base de hechos es una parte esencial de lo que denominamos la memoria del ordenador la cual se llega a utilizar para la realización del almacenamiento de los datos recibidos inicialmente para llegar a lo que se denomina resolver el problema en cuestión.

Este tiene contenido el conocimiento sobre el caso concreto en el cual se está trabajando. Lo que denominamos hechos o antecedentes para su realización y desarrollo de estas reglas que llegaran a determinar la conclusión de sus funciones asignadas en el Control y Determinación de Plagas en el Algodonero.

Los diferentes componentes del Sistema Experto realizan su desempeño conjuntamente como la descripción a continuación.

Primero el Sistema Experto solicita las características presentadas en la planta del Algodonero a estudiar mediante una interfaz de usuario para la entrada, donde las preguntas son de la clase (¿pregunta? opción a, opción b, opción c).

Las características presentadas proporcionadas que presenta la planta son las variables de entrada, o hechos de los que se deben analizar en el proceso de lo que denominamos inferencia lógica.

Posteriormente se llegara a utilizar el establecimiento de las reglas almacenadas en nuestra base de conocimiento para que la variable de salida produzca la solución al problema que presenta la Planta del algodonero en la etapa en la que se encuentra.

Los hechos que se utilizan se hallan presentados en diferentes tablas, que se tienen que tomar en cuenta puesto que una planta en sus diferentes estados puede tener diferentes

características presentados referentes al problema o también se pueda dar el caso de que no presente ninguna de las características de haber sido atacadas por el picudo del algodónero también en sus diferentes etapas que este posee, estas plantas que están a cargo de especialistas agricultores y sus propietarios a su cuidado.

Lo anterior es referente a las diferentes etapas en la que se encuentra la Planta del Algodonero y que varía también según el estado del Picudo que se encuentra en la planta.

A continuación se muestra las diferentes tablas que corresponden con las características que presentan las plantas atacadas por los problemas presentados en la planta, estos son los siguientes:

a) Variables que determinan características propias del Huevo del Picudo

De acuerdo a investigaciones y estudios realizados sobre el huevo del Picudo del algodónero, se obtuvieron ciertas respuestas a modo de características propias, únicas y representativas que son factores importantes al momento de identificar para llegar a la identificación de huevo del Picudo. Tabla 3.6

Tabla 3.6 Huevo Bajo Estudio

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	PPPT	LA PLANTA PRESENTA PERFORACIONES CON TAPADURAS	Si, No
2	TA	TEMPERATURA DEL AMBIENTE	> 17°C y < 31°C

Fuente: Elaboración Propia

b) Variables para representar los criterios de clasificación para determinar que la plaga pertenece al Huevo del Picudo del Algodonero.

Acude con los estudios e investigaciones acerca de la plaga del picudo del algodón en la fase de Huevo y de las características que este presenta en el ataque a la planta del algodón para con los “criterios de clasificación” que presenta la plaga en cuestión los datos que pueden ser apreciados por el usuario a simple vista. Para realizar la confirmación de la determinación de la presencia de la plaga del picudo se debe cumplir con la confirmación de seis características, Tabla 3.7

Tabla 3.7 Características del Huevo del Picudo

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	AL	ASPECTO LISO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
2	CBC	COLOR ES BLANCO CREMA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
3	TFEA	TIENE LA FORMA ELIPTICA(CON ADAPTACION)	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
4	MOLCA	MIDE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm DE ANCHO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
5	NPP	NO PRESENTA PATAS	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
6	UBFOC	UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

7	PC	POSEE COBERTURA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
8	VCL	ES VISIBLE CON LUPA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
9	HB	EL HUEVO ES BRILLOSO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
10	UPIB	SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.4. DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA EL HUEVO DEL PICUDO.

En lo que respecta al tema de variables de entrada y salida existen variables que pueden ser consideradas como indefinido o indeterminado, estas requieren de lo que se puede denominar un tratamiento especial como lo que la lógica difusa puede otorgarnos. Puesto que en estos se hallan los criterios de clasificación o categorización.

En lo siguiente cada variable constituye o simboliza un conjunto difuso con una representa un conjunto difuso con una escala de 0-10 así como cada conjunto posee a si mismo tres diferentes subconjuntos que son los siguientes:

- Nada con un rango de 0-3.
- Poco con un rango de 2-6.
- Mucho con un rango de 5-10.

A continuación se definen los denominados conjuntos difusos y funciones de pertenencia según el valor en cada una de las variables difusas.

- 1. AL (ASPECTO LISO):** Esto hace referencia a que el aspecto del huevo es liso.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.8

Figura 3.8 Conjuntos Difusos de la variable AL(ASPECTO LISO)



Tabla 3.8 Funciones de Pertenencia para la variable AL(ASPECTO LISO)

Poco	notorio(x)	=	Notorio(x)	=	Muy	Notorio(x)	=
$\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$			$\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$			$\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	

Fuente: Elaboración Propia

- 2. CBC (COLOR ES BLANCO CREMA):** Esto hace referencia a que el color del huevo es de blanco crema.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.9

Figura 3.9 Conjuntos Difusos de la variable CBC (COLOR ES BLANCO CREMA)

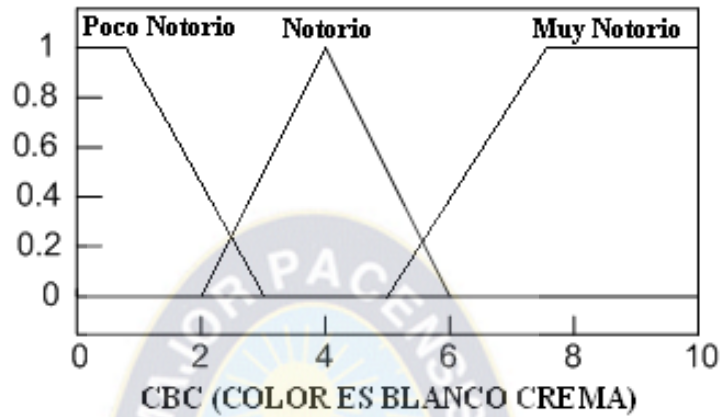


Tabla 3.9 Funciones de Pertenencia para la variable CBC (COLOR ES BLANCO CREMA)

Poco notorio(x)	=	Notorio(x)	=	Muy Notorio(x)	=
$\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$		$\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$		$\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	

Fuente: Elaboración Propia

- TFEA(TIENE LA FORMA ELIPTICA CON ADAPTACION):** Esto hace referencia a que el color tiene la forma elíptica con alguna adaptación. Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.10

Figura 3.10 Conjuntos Difusos de la variable TFEA(TIENE LA FORMA ELIPTICA CON ADAPTACION)

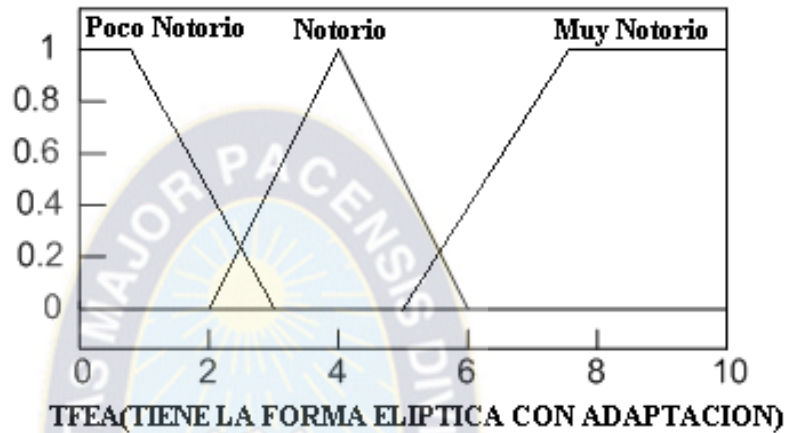


Tabla 3.10 Funciones de Pertenencia para la variable TFEA(TIENE LA FORMA ELIPTICA CON ADAPTACION)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

4. MOLCA(MIDE DE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm. DE ANCHO): Esto hace referencia a que el huevo mide de 0.8 mm.de largo y 0.5 mm. de ancho. Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.11

Figura 3.11 Conjuntos Difusos de la variable MOLCA(MIDE DE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm. DE ANCHO)

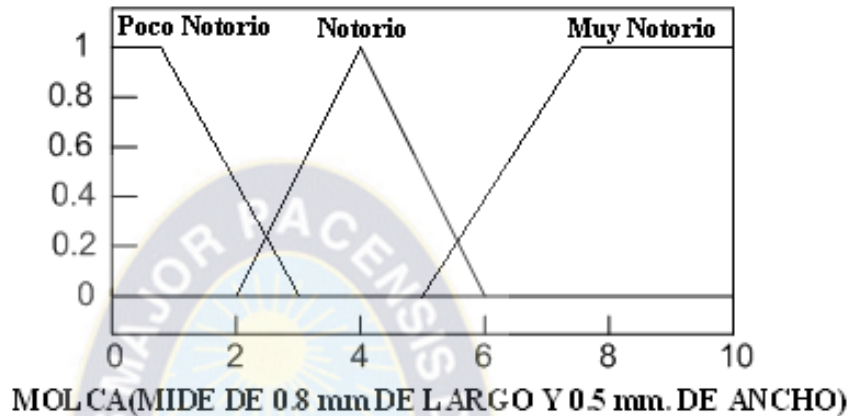


Tabla 3.11 Funciones de Pertenencia para la variable MOLCA(MIDE DE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm. DE ANCHO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

5. NPP(NO PRESENTA PATAS): Esto hace referencia a que el huevo no presenta patas o algo similar a esto, puesto que hay especies que desarrollan patas dentro del huevo.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.12

Figura 3.12 Conjuntos Difusos de la variable NPP(NO PRESENTA PATAS)

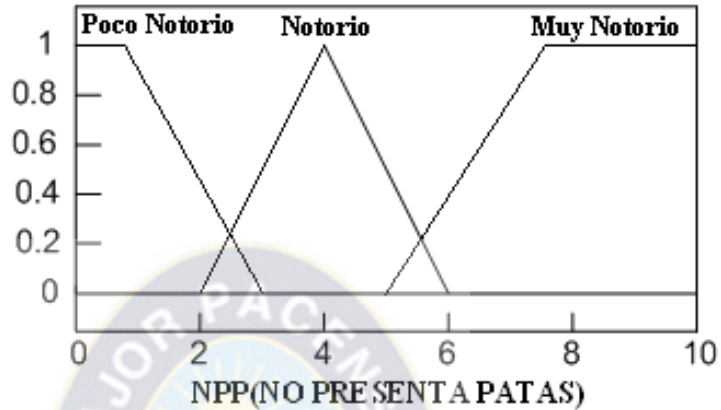


Tabla 3.12 Funciones de Pertenenca para la variable NPP(NO PRESENTA PATAS)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

6. UBFOC(SU UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA): Esto hace referencia a que el huevo se encuentra ubicado en el botón floral o la capsula de la planta.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.13

Figura 3.13 Conjuntos Difusos de la variable UBFOC(SU UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA)

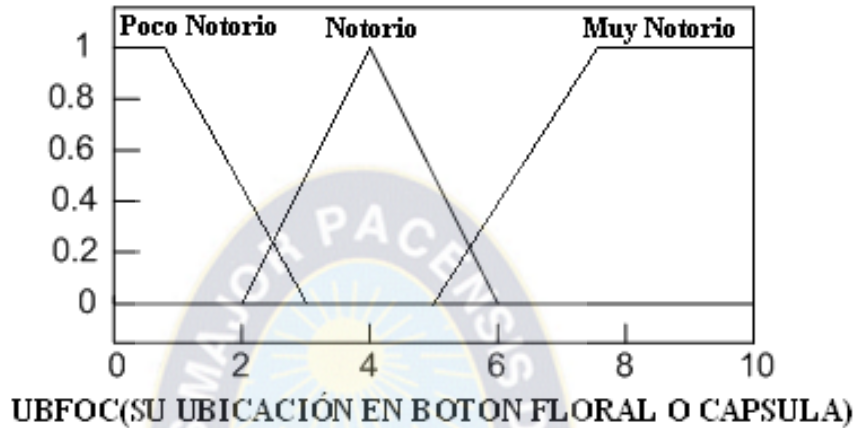


Tabla 3.13 Funciones de Pertenencia para la variable UBFOC(SU UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

7. PC(POSEE COBERTURA): Esto hace referencia a que el huevo posee o tiene una cobertura que los protege.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.14

Figura 3.14 Conjuntos Difusos de la variable PC(POSEE COBERTURA)

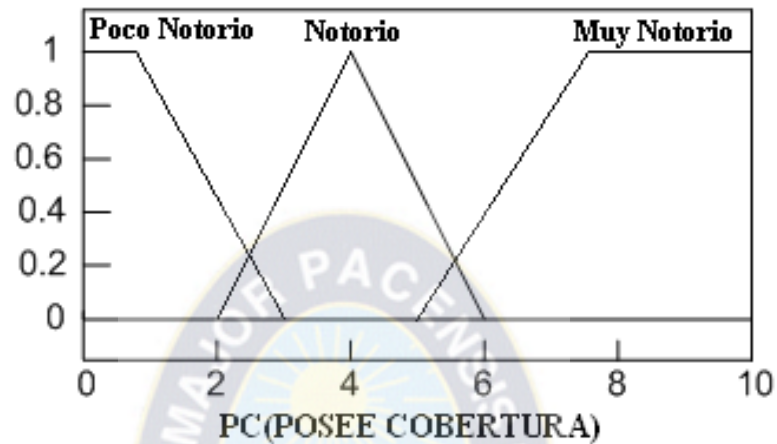


Tabla 3.14 Funciones de Pertenencia para la variable PC(POSEE COBERTURA)

Poco	notorio(x)	=	Notorio(x)	=	Muy	Notorio(x)	=
$\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$			$\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$			$\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	

Fuente: Elaboración Propia

8. VLC(ES VISIBLE CON LUPA): Esto hace referencia a que el huevo solo es visible con lupa, pueda escasamente ser visible a los ojos.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.15

Figura 3.15 Conjuntos Difusos de la variable VLC(ES VISIBLE CON LUPA)

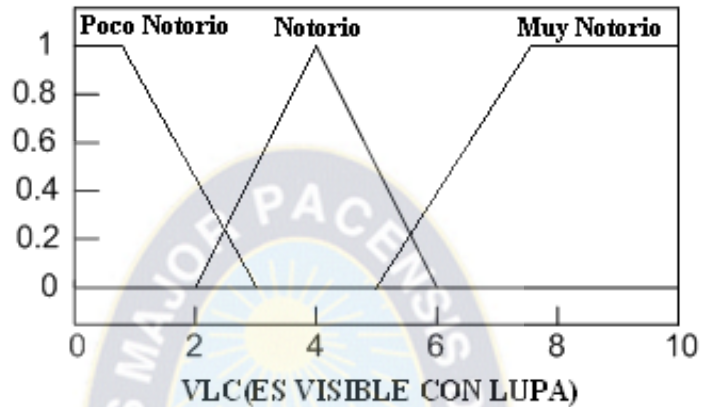


Tabla 3.15 Funciones de Pertenenca para la variable VLC(ES VISIBLE CON LUPA)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

9. HB (EL HUEVO ES BRILLOSO) :Esto hace referencia al ambiente que se encuentra entre una temperatura de 18°C hasta 30°C.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.16

Figura 3.16 Conjuntos Difusos de la variable HB (EL HUEVO ES BRILLOSO)

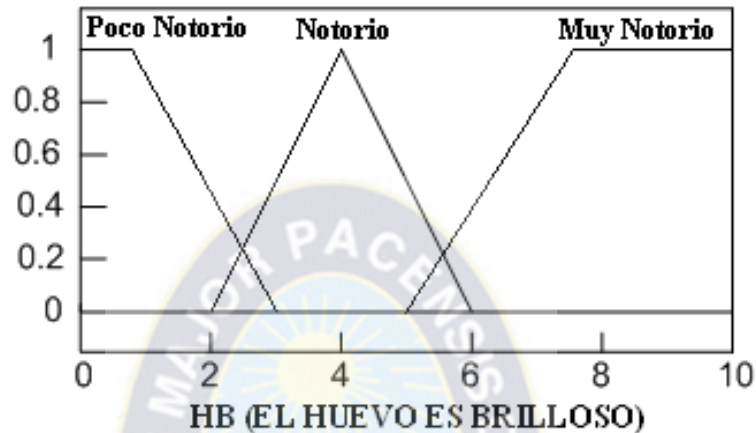


Tabla 3.16 Funciones de Pertenencia para la variable HB (EL HUEVO ES BRILLOSO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

10. UPIB(SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES):

Esto hace referencia que el huevo se encuentra en la parte inferior de los botones de la planta.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.17

Figura 3.17 Conjuntos Difusos de la variableUPIB(SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES)

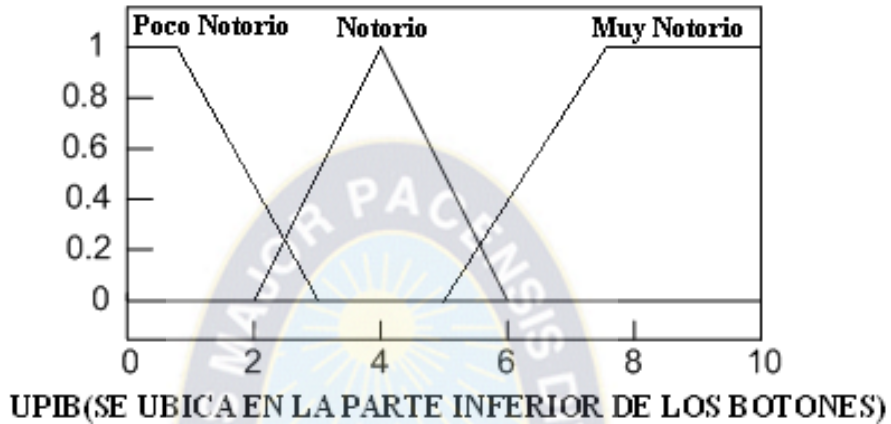


Tabla 3.17 Funciones de Pertenencia para la variable UPIB(SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

3.2.5. BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DEL HUEVO DEL PICUDO

De la base de hechos se almacena los datos respectivos caracterizas que la planta presenta al ser observada así como se desea interactuar con el sistema experto. Para comenzar se posee solo los datos introducidos por el usuario. Acorde con los estudios

delos casos presentados respecto al huevo del picudo se lleva a identificar los hechos de a continuación:

Hecho 1: El objeto en estudio (huevo) es de aspecto liso.

Hecho 2: El objeto en estudio tiene un color blanco crema.

Hecho 3: El huevo es de forma elíptica (con adaptación)

Hecho 4: El huevo tiene un largo de 0.8 mm.de largo y 0.5 mm.de ancho.

Hecho 5: El huevo no presenta patas.

Hecho 6: La ubicación del huevo esta en el botón floral o la capsula.

Hecho 7: El huevo posee una cobertura.

Hecho 8: El huevo es visible con lupa.

Hecho 9: El huevo es brillante.

Hecho 10: El huevo está ubicado en la parte inferior de los botones.

3.2.6. BASE DE REGLAS DEL HUEVO DEL PICUDO

Para representar el conocimiento en lo que es la base de reglas es la forma más extendida, para su respectiva representación de razonar tienen la forma siguiente:

Si< condición >**Entonces**< acción / condición >

Para la representación del conocimiento una forma conocida son las llamadas reglas de producción, así como se presentan reglas formadas por los diferentes resultados a modo de variaciones del árbol de decisiones que se los puede apreciar en la sección Anexos al final.

➤ **Desarrollo de Reglas**

1. **Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Muy Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Muy Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Muy Notorio" **AND** VCL = "Muy Notorio" **AND** HDB = "Muy Notorio" **AND** UPIB = "Muy Notorio" **ENTONCES** "El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado".
2. **Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Muy Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Muy Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Muy Notorio" **AND** VCL = "Muy Notorio" **AND** HDB = "Muy Notorio" **AND** UPIB = "Notorio" **ENTONCES** "El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado".
3. **Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Muy Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Muy Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Muy Notorio" **AND** VCL = "Muy Notorio" **AND** HDB = "Notorio" **AND** UPIB = "Notorio" **ENTONCES** "El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado".
4. **Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Muy Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio"

AND TFEA = "Muy Notorio" AND MOLCA = "Muy Notorio" AND NPP = "Muy Notorio" AND UBFOC = "Muy Notorio" AND PC = "Muy Notorio" AND VCL = "Notorio" ANDHB = "Notorio" AND UPIB = "Notorio"
ENTONCES “El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado”.

5. **Si PPPT = "Si" AND TA >= "17°C" AND TA <= "31°C" AND HEFP = "Si" AND CHSF = "Si" AND AL = "Muy Notorio" AND CBC = "Muy Notorio" AND TFEA = "Muy Notorio" AND MOLCA = "Muy Notorio" AND NPP = "Muy Notorio" AND UBFOC = "Muy Notorio" AND PC = "Notorio" AND VCL = "Notorio" ANDHB = "Notorio" AND UPIB = "Notorio"**
ENTONCES “El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado, con un proceso de desinfección de la planta”.
6. **Si PPPT = "Si" AND TA >= "17°C" AND TA <= "31°C" AND HEFP = "Si" AND CHSF = "Si" AND AL = "Muy Notorio" AND CBC = "Muy Notorio" AND TFEA = "Muy Notorio" AND MOLCA = "Muy Notorio" AND NPP = "Muy Notorio" AND UBFOC = "Muy Notorio" AND PC = "Notorio" AND VCL = "Notorio" ANDHB = "Notorio" AND UPIB = "Notorio"**
ENTONCES “El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado y con un proceso de desinfección de la planta”.
7. **Si PPPT = "Si" AND TA >= "17°C" AND TA <= "31°C" AND HEFP = "Si" AND CHSF = "Si" AND AL = "Muy Notorio" AND CBC = "Muy Notorio" AND TFEA = "Muy Notorio" AND MOLCA = "Muy Notorio" AND NPP = "Muy Notorio" AND UBFOC = "Muy Notorio" AND PC = "Notorio" AND VCL = "Notorio" ANDHB = "Notorio" AND UPIB = "Poco Notorio"**
ENTONCES “El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado y con un proceso de desinfección de la planta”.
8. **Si PPPT = "Si" AND TA >= "17°C" AND TA <= "31°C" AND HEFP = "Si" AND CHSF = "Si" AND AL = "Muy Notorio" AND CBC = "Muy Notorio" AND TFEA = "Muy Notorio" AND MOLCA = "Muy Notorio" AND NPP =**

"Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND** HNB = "Poco Notorio" **AND** UPIB = "Notorio"
ENTONCES "El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado y se debe realizar uso de feromonas".

9. Si PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Muy Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND** HNB = "Poco Notorio" **AND** UPIB = "Notorio"
ENTONCES "El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe realizar uso de feromonas".

10. Si PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Muy Notorio" **AND** CBC = "Notorio" **AND** TFEA = "Muy Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND** HNB = "Poco Notorio" **AND** UPIB = "Notorio"
ENTONCES "El huevo en estudio corresponde al Picudo , se debe utilizar pesticida autorizado y se debe realizar uso de feromonas".

11. Si PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND** HNB = "Poco Notorio" **AND** UPIB = "Notorio" **ENTONCES** "El huevo en estudio corresponde al Picudo, se debe utilizar pesticida autorizado y se debe realizar uso de feromonas".

12. Si PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Poco Notorio" **AND** CBC = "Poco Notorio" **AND** TFEA = "Notorio" **AND** MOLCA = "Poco Notorio" **AND** NPP = "Muy Notorio" **AND** UBFOC = "Notorio" **AND** PC = "Notorio" **AND** VCL

= " Poco Notorio" **AND**H B = " Poco Notorio" **AND** UPIB = " Poco Notorio"
ENTONCES “El huevo en estudio podría corresponder al picudo y se debe utilizar pesticida autorizado y realizar una revisión en la plantación”.

- 13. Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Poco Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Poco Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Poco Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Poco Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND**H B = " Poco Notorio" **AND** UPIB = "Poco Notorio" **ENTONCES** “El huevo en estudio es indeterminado se debe utilizar pesticida autorizado”.
- 14. Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Poco Notorio" **AND** CBC = "Poco Notorio" **AND** TFEA = "Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Poco Notorio" **AND** UBFOC = "Muy Notorio" **AND** PC = "Poco Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND**H B = " Poco Notorio" **AND** UPIB = "Poco Notorio" **ENTONCES** “El huevo en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado”.
- 15. Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Poco Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Poco Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Poco Notorio" **AND** UBFOC = "Poco Notorio" **AND** PC = "Poco Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND**H B = " Poco Notorio" **AND** UPIB = "Poco Notorio" **ENTONCES** “El huevo en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado”.
- 16. Si** PPPT = "Si" **AND** TA >= "17°C" **AND** TA <= "31°C" **AND** HEFP = "Si" **AND** CHSF = "Si" **AND** AL = "Poco Notorio" **AND** CBC = "Muy Notorio" **AND** TFEA = "Poco Notorio" **AND** MOLCA = "Muy Notorio" **AND** NPP = "Poco Notorio" **AND** UBFOC = "Notorio" **AND** PC = "Poco Notorio" **AND** VCL = "Notorio" **AND**H B = " Poco Notorio" **AND** UPIB = "Poco

Notorio" **ENTONCES** “El huevo en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado”.

c) Variables que determinan características propias de la Larva del Picudo

De acuerdo a investigaciones y estudios realizados sobre la Larva del Picudo del algodón, se obtuvieron ciertas respuestas a modo de características propias, únicas y representativas que son factores importantes al momento de identificar para llegar a la identificación de la larva del Picudo del algodón, Tabla 3.18.

Tabla 3.18 Características del Huevo del Picudo

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	CNPFD	SU CUERPO NO POSEE FORMA DEFINIDA	Si, No
2	NEFP	NO ESTA FIJADA A LA PLANTA	Si, No
3	CUC	EL COLOR ES UNIFORME EN EL CUERPO	Si, No
4	LSA	LA LARVA SE ARRASTRA	Si, No

Fuente: Elaboración Propia

d) Variables para representar los criterios de clasificación para determinar que la plaga pertenece a la Larva del Picudo del Algodonero.

Según con los estudios e investigaciones acerca de la plaga del picudo del algodón en la fase de Larva y de las características que este presenta en el ataque a la planta del algodón para con los “criterios de clasificación” que presenta la plaga en cuestión los datos que pueden ser apreciados por el usuario a simple vista. Para realizar la confirmación de la determinación de la presencia de la plaga del picudo se debe cumplir con la confirmación de seis características, Tabla3.19

Tabla 3.19 Características del Larva del Picudo

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	FCCC	FORMA DE “C” CILINDRICA, CURVADA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
2	CBC	COLOR ES BLANCO CREMA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
3	CCCC	COLOR DE LA CABEZA ES CAFE CLARO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
4	ACC	ASPECTO DE LA CABEZA ES CORRUGADO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
5	CC	EL CUERPO ES CORRUGADO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
6	MSLTA	MIDE 6 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
7	UDBFC	SE UBICA DENTRO DEL BOTON FLORAL, O CAPSULAS	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
8	TCC	TIENE UNA COBERTURA EN EL CUERPO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
9	AFYS	SE ALIMENTA DE LA FIBRA Y SEMILLAS DENTRO EL BOTON	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

10	BLCU	BOTON O LA FLOR SE CAE	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
11	PMD	PLANTA MUY DAÑADA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.7. DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA LA LARVA DEL PICUDO.

En lo que respecta al tema de variables de entrada y salida existen variables que pueden ser consideradas como indefinido o indeterminado, estas requieren de lo que se puede denominar un tratamiento especial como lo que la lógica difusa puede otorgarnos. Puesto que en estos se hallan los criterios de clasificación o categorización.

En lo siguiente cada variable constituye o simboliza un conjunto difuso con una representa un conjunto difuso con una escala de 0-10 así como cada conjunto posee a si mismo tres diferentes subconjuntos que son los siguientes:

- Nada con un rango de 0-3.
- Poco con un rango de 2-6.
- Mucho con un rango de 5-10.

A continuación se definen los denominados conjuntos difusos y funciones de pertenencia según el valor en cada una de las variables difusas.

- 1. FCCC (FORMA DE “C” CILINDRICA, CURVADA):** Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.20

Figura 3.18 Conjuntos Difusos de la variable FCCC (FORMA DE “C” CILINDRICA, CURVADA)

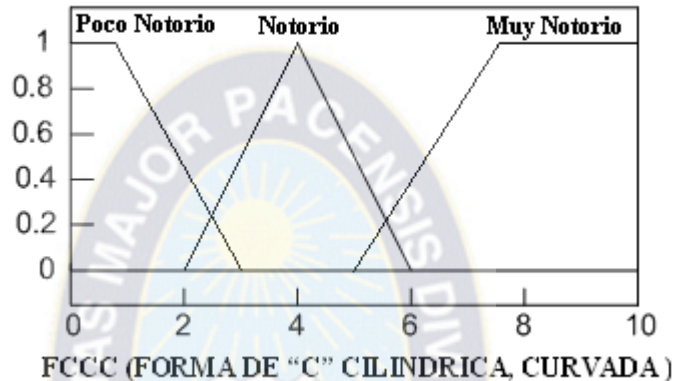


Tabla 3.20 Funciones de Pertenencia para la variable FCCC (FORMA DE “C” CILINDRICA, CURVADA)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

2. CBC (COLOR ES BLANCO CREMA): Esto hace referencia a que el color de la larva es crema.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.21

Figura 3.19 Conjuntos Difusos de la variable CIBC (COLOR ES BLANCO CREMA)

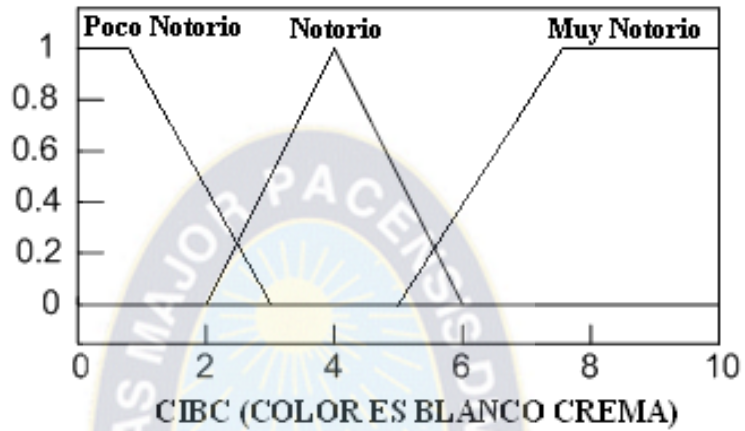


Tabla 3.21 Funciones de Pertinencia para la variable CIBC (COLOR ES BLANCO CREMA)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

3. CCCC (COLOR DE LA CABEZA CAFÉ CLARO): Esto hace referencia a que la cabeza de la larva es de color café claro.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.22

Figura 3.20 Conjuntos Difusos de la variable CCCC (COLOR DE LA CABEZA CAFÉ CLARO)

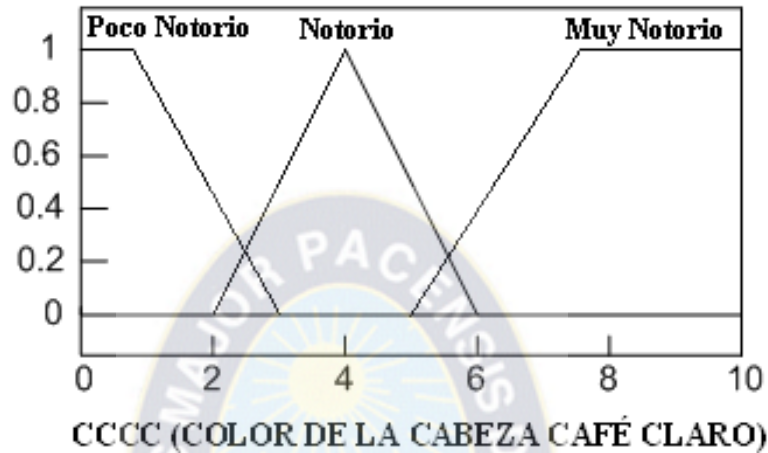


Tabla 3.22 Funciones de Pertenenca para la variable CCCC (COLOR DE LA CABEZA CAFÉ CLARO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

4. ACC (ASPECTO DE LA CABEZA ES CORRUGADO): Esto hace referencia a que el aspecto de la cabeza es de aspecto corrugado. Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.23

Figura 3.21 Conjuntos Difusos de la variable ACC (ASPECTO DE LA CABEZA ES CORRUGADO)

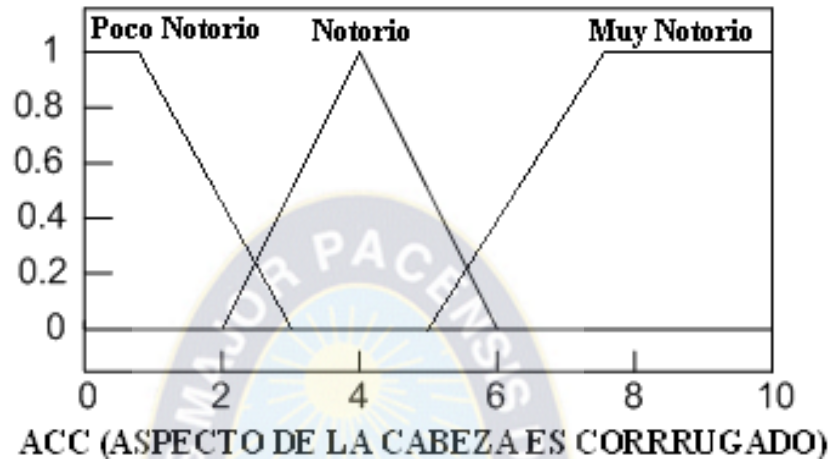


Tabla 3.23 Funciones de Pertenencia para la variable ACC (ASPECTO DE LA CABEZA ES CORRUGADO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

5. CC (EL CUERPO ES CORRUGADO) :Esto hace referencia a que el aspecto del cuerpo de la larva es corrugado.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.24

Figura 3.22 Conjuntos Difusos de la variable CC (EL CUERPO ES CORRUGADO)

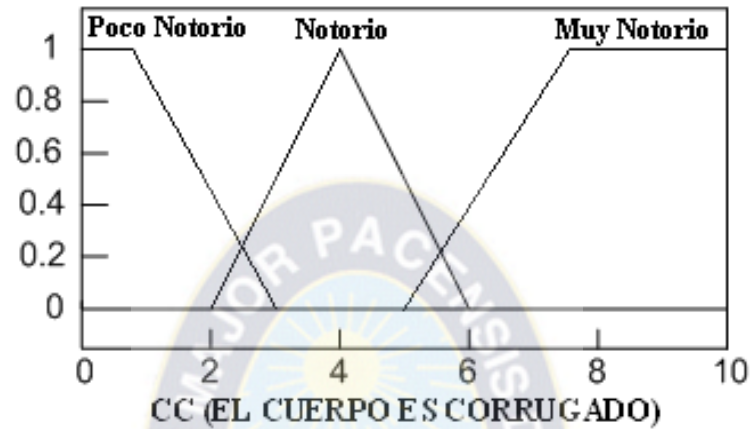


Tabla 3.24 Funciones de Pertenencia para la variable CC (EL CUERPO ES CORRUGADO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

6. MSLTA (MIDE 6 mm. DE LARGO Y 3 mm. DE ANCHO) : Esto hace referencia a la medida que tiene la larva.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.25

Figura 3.23 Conjuntos Difusos de la variable MSLTA (MIDE 6 mm. DE LARGO Y 3 mm. DE ANCHO)

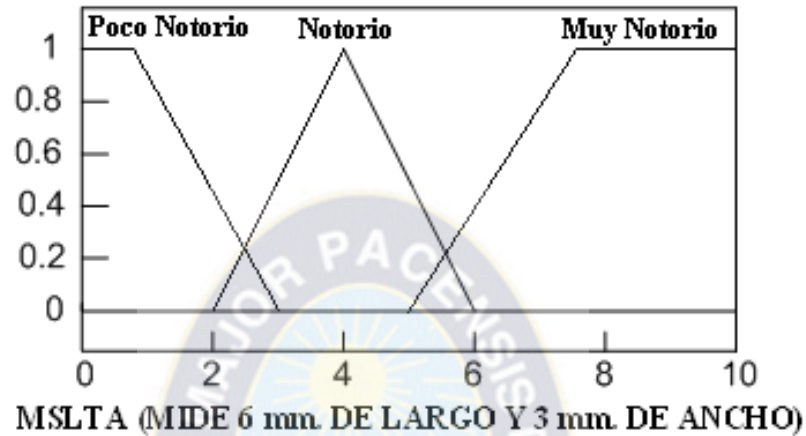


Tabla 3.25 Funciones de Pertenencia para la variable MSLTA (MIDE 6 mm. DE LARGO Y 3 mm. DE ANCHO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

7. UDBFC (SE UBICA DENTRO DEL BOTON FLORAL O CAPSULAS)

:Esto hace referencia a que la larva se encuentra dentro del botón floral o en su defecto dentro de la capsula.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.26

Figura 3.24 Conjuntos Difusos de la variable UDBFC (SE UBICA DENTRO DEL BOTON FLORAL O CAPSULAS)

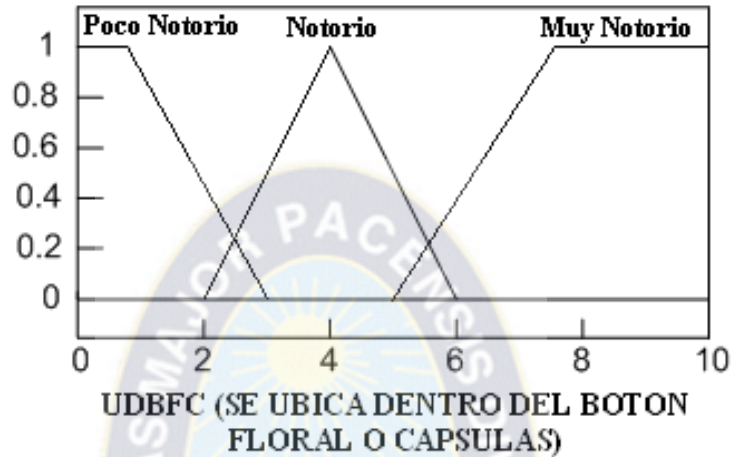


Tabla 3.26 Funciones de Pertenencia para la variable UDBFC (SE UBICA DENTRO DEL BOTON FLORAL O CAPSULAS)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

8. TCC (TIENE UNA COBERTURA EN EL CUERPO): Esto hace referencia a que la larva tiene cierta cobertura.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.27

Figura 3.25 Conjuntos Difusos de la variable TCC (TIENE UNA COBERTURA EN EL CUERPO)

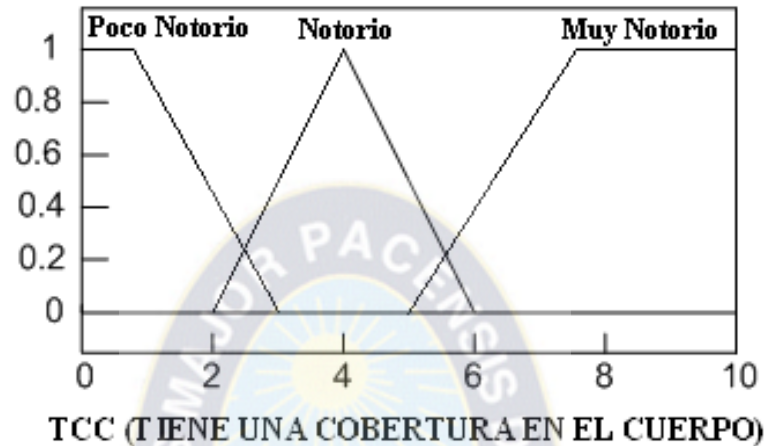


Tabla 3.27 Funciones de Pertenencia para la variable TCC (TIENE UNA COBERTURA EN EL CUERPO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

9. AFYS (SE ALIMENTA DE LA FIBRA Y SEMILLAS DENTRO EL BOTON) :Esto hace referencia a que la larva se está alimentando de la fibra y semillas dentro el botón floral.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.28

Figura 3.26 Conjuntos Difusos de la variable AFYS (SE ALIMENTA DE LA FIBRA Y SEMILLAS DENTRO EL BOTON)

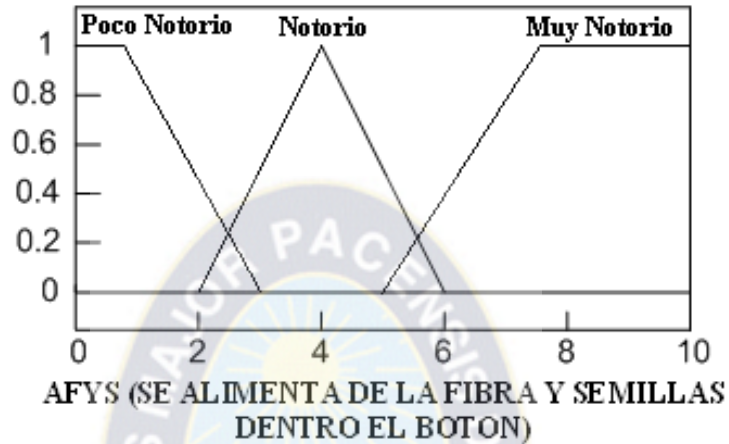


Tabla 3.28 Funciones de Pertenenca para la variable AFYS (SE ALIMENTA DE LA FIBRA Y SEMILLAS DENTRO EL BOTON)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

10. BLC(BOTON O LA FLOR SE CAE) : Esto hace referencia a que la flor del algodonero se cae, indicándonos que hay una larva dentro.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.29

Figura 3.27 Conjuntos Difusos de la variable BLC(BOTON O LA FLOR SE CAE)

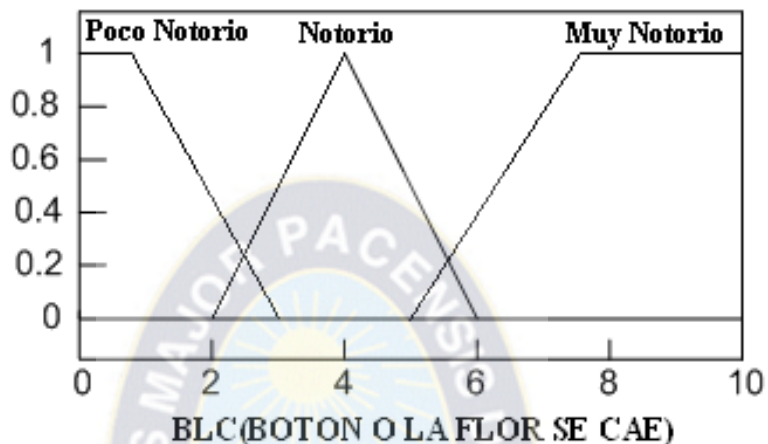


Tabla 3.29 Funciones de Pertenencia para la variable BLC(BOTON O LA FLOR SE CAE)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

11. PMD (PLANTA MUY DAÑADA) :Esto hace referencia a que la planta del algodónero está muy dañada lo que nos indica que hay una larva dentro la planta del algodónero.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.30

Figura 3.28 Conjuntos Difusos de la variable PMD (PLANTA MUY DAÑADA)

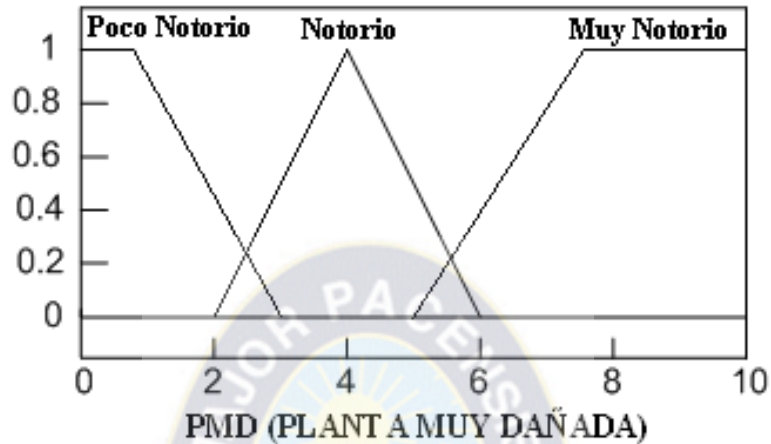


Tabla 3.30 Funciones de Pertenencia para la variable PMD (PLANTA MUY DAÑADA)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

3.2.8 BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DE LA LARVA DEL PICUDO

De la base de hechos se almacena los datos respectivos caracterizas que la planta presenta al ser observada así como se desea interactuar con el sistema experto. Para comenzar se posee solo los datos introducidos por el usuario. Acorde con los estudios de los casos presentados respecto a la larva del picudo que lleva a identificar los hechos de a continuación:

Hecho 1: La larva tiene forma de “C” cilíndrica

Hecho 2: El color de la larva es blanco crema

Hecho 3: El color de la cabeza es café claro.

Hecho 4: El aspecto de la cabeza es corrugado.

Hecho 5: El aspecto del cuerpo es corrugado.

Hecho 6: La medida de la larva es de 6 mm.de largo y 3 mm.de ancho.

Hecho 7: La larva se ubica dentro del botón floral o la capsula en su defecto.

Hecho 8: La larva posee una cobertura en el cuerpo.

Hecho 9: La larva se alimenta de la fibra y semillas dentro del botón

Hecho 10: El botón o la flor se cae.

Hecho 11: La planta está muy dañada

3.2.9 BASE DE REGLAS DE LA LARVA DEL PICUDO

Para representar el conocimiento en lo que es la base de reglas es la forma más extendida, para su respectiva representación de razonar tienen la forma siguiente:

Si< condición >**Entonces**< acción / condición >

Para la representación del conocimiento una forma conocida son las llamadas reglas de producción, así como se presentan reglas formadas por los diferentes resultados a modo de variaciones del árbol de decisiones que se los puede apreciar en la sección Anexos al final.

➤ **Desarrollo de Reglas**

1. SiCNPFD ="Si"NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = "Muy Notorio" ANDCBC = "Muy Notorio" ANDCCCC = "Muy Notorio" ANDACC = "Muy Notorio" ANDCC = "Muy Notorio" ANDMSLTA = "Muy Notorio" ANDUDBFC = "Muy Notorio" ANDTCC = "Muy Notorio" ANDAFYS = "Muy Notorio" ANDBLCU = "Muy Notorio" ANDPMD = "Muy Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo debe ser retirada con cuidado se debe aplicar fijador para el cuidado de la planta y se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.

2. SiCNPFD ="Si"NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = " Notorio" ANDCBC = "Muy Notorio" ANDCCCC = " Notorio" ANDACC = "Muy Notorio" ANDCC = "Muy Notorio" ANDMSLTA = " Notorio" ANDUDBFC = "Muy Notorio" ANDTCC = "Muy Notorio" ANDAFYS = "Muy Notorio" ANDBLCU = "Muy Notorio" ANDPMD = "Muy Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo y esta debe ser retirada seguido de la aplicación de un fijador en el interior y se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.

3. **Si**CNPF D ="Si"NEFP **AND** = "Si" CUC **AND** = "Si" LSA **AND** = "Si"
ANDFCCC = "Muy Notorio" **AND**CBC = " Notorio" **AND**CCCC = "Muy
Notorio" **AND**ACC = " Notorio" **AND**CC = "Muy Notorio" **AND**MSLTA =
"Muy Notorio" **AND**UDBFC = " Notorio" **AND**TCC = "Muy Notorio"
ANDAFYS = "Muy Notorio" **AND**BLCU = " Notorio" **AND**PMD = "Muy
Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe
utilizar pesticida autorizado, se recomienda toxina Bt y coloque trampas para
picudo”.
4. **Si**CNPF D ="Si"NEFP **AND** = "Si" CUC **AND** = "Si" LSA **AND** = "Si"
ANDFCCC = " Notorio" **AND**CBC = "Muy Notorio" **AND**CCCC = " Notorio"
ANDACC = "Muy Notorio" **AND**CC = "Muy Notorio" **AND**MSLTA = "
Notorio" **AND**UDBFC = "Muy Notorio" **AND**TCC = " Notorio" **AND**AFYS =
"Muy Notorio" **AND**BLCU = "Muy Notorio" **AND**PMD = " Notorio"
ENTONCES “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar
pesticida autorizado, coloque trampas para picudo y se recomienda toxina Bt”.
5. **Si**CNPF D ="Si"NEFP **AND** = "Si" CUC **AND** = "Si" LSA **AND** = "Si"
ANDFCCC = " Notorio" **AND**CBC = " Notorio" **AND**CCCC = "Muy Notorio"
ANDACC = "Muy Notorio" **AND**CC = "Poco Notorio" **AND**MSLTA = "Muy
Notorio" **AND**UDBFC = " Notorio" **AND**TCC = "Muy Notorio" **AND**AFYS =
"Muy Notorio" **AND**BLCU = "Muy Notorio" **AND**PMD = " Notorio"
ENTONCES “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar
pesticida autorizado y se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.

6. **Si**CNPFDD="Si"NEFP **AND** = "Si" CUC **AND** = "Si" LSA **AND** = "Si"
ANDFCCC = "Muy Notorio" **AND**CBC = "Muy Notorio" **AND**CCCC = "
Notorio" **AND**ACC = "Muy Notorio" **AND**CC = " Notorio" **AND**MSLTA =
"Muy Notorio" **AND**UDBFC = " Notorio" **AND**TCC = "Muy Notorio"
ANDAFYS = "Muy Notorio" **AND**BLCU = " Notorio" **AND**PMD = "Muy
Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo, coloque
trampas para picudo, se debe utilizar pesticida autorizado y se recomienda toxina
Bt”.
7. **Si**CNPFDD="Si"NEFP **AND** = "Si" CUC **AND** = "Si" LSA **AND** = "Si"
ANDFCCC = "Poco Notorio" **AND**CBC = " Notorio" **AND**CCCC = "Muy
Notorio" **AND**ACC = " Notorio" **AND**CC = "Muy Notorio" **AND**MSLTA = "
Notorio" **AND**UDBFC = "Muy Notorio" **AND**TCC = " Notorio" **AND**AFYS =
"Muy Notorio" **AND**BLCU = "Muy Notorio" **AND**PMD = " Notorio"
ENTONCES “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar
pesticida autorizado y se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.
8. **Si**CNPFDD="Si"NEFP **AND** = "Si" CUC **AND** = "Si" LSA **AND** = "Si"
ANDFCCC = "Poco Notorio" **AND**CBC = "Muy Notorio" **AND**CCCC = "Muy
Notorio" **AND**ACC = "Poco Notorio" **AND**CC = "Muy Notorio"
ANDMSLTA = "Poco Notorio" **AND**UDBFC = "Muy Notorio" **AND**TCC =
"Muy Notorio" **AND**AFYS = "Poco Notorio" **AND**BLCU = "Muy Notorio"
ANDPMD = " Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al
Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado y coloque trampas para picudo”.

9. SiCNPFD = "Si" NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si" ANDFCCC = "Notorio" ANDCBC = "Muy Notorio" ANDCCCC = "Muy Notorio" ANDACC = "Muy Notorio" ANDCC = "Muy Notorio" ANDMSLTA = "Notorio" ANDUDBFC = "Poco Notorio" ANDTCC = "Muy Notorio" ANDAFYS = "Notorio" ANDBLCU = "Poco Notorio" ANDPMD = "Muy Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado, se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.

10. SiCNPFD = "Si" NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si" ANDFCCC = "Poco Notorio" ANDCBC = "Muy Notorio" ANDCCCC = "Muy Notorio" ANDACC = "Notorio" ANDCC = "Poco Notorio" ANDMSLTA = "Muy Notorio" ANDUDBFC = "Notorio" ANDTCC = "Notorio" ANDAFYS = "Notorio" ANDBLCU = "Muy Notorio" ANDPMD = "Muy Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.

11. SiCNPFD = "Si" NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si" ANDFCCC = "Notorio" ANDCBC = "Notorio" ANDCCCC = "Notorio" ANDACC = "Poco Notorio" ANDCC = "Muy Notorio" ANDMSLTA = "Muy Notorio" ANDUDBFC = "Muy Notorio" ANDTCC = "Muy Notorio" ANDAFYS = "Muy Notorio" ANDBLCU = "Muy Notorio" ANDPMD = "Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio corresponde al Picudo y se debe

utilizar pesticida autorizado y se recomienda toxina Bt y coloque trampas para picudo”.

12. SiCNPFD = "Si" NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = "Notorio" ANDCBC = "Poco Notorio" ANDCCCC = "Poco Notorio" ANDACC = "Muy Notorio" ANDCC = "Notorio" ANDMSLTA = "Muy Notorio" ANDUDBFC = "Notorio" ANDTCC = "Notorio" ANDAFYS = "Poco Notorio" ANDBLCU = "Poco Notorio" ANDPMD = "Poco Notorio"

ENTONCES “La Larva en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado y coloque trampas para picudo”.

13. SiCNPFD = "Si" NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = "Notorio" ANDCBC = "Poco Notorio" ANDCCCC = "Notorio" ANDACC = "Muy Notorio" ANDCC = "Poco Notorio" ANDMSLTA = "Poco Notorio" ANDUDBFC = "Notorio" ANDTCC = "Muy Notorio" ANDAFYS = "Muy Notorio" ANDBLCU = "Notorio" ANDPMD = "Notorio"

ENTONCES “La Larva en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado también se recomienda el uso de fijador y coloque trampas para picudo”.

14. SiCNPFD = "Si" NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = "Poco Notorio" ANDCBC = "Notorio" ANDCCCC = "Muy Notorio" ANDACC = "Notorio" ANDCC = "Poco Notorio" ANDMSLTA = "Poco Notorio" ANDUDBFC = "Notorio" ANDTCC = "Poco Notorio" ANDAFYS = "Poco Notorio" ANDBLCU = "Muy Notorio" ANDPMD = "

Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado puesto que es otro tipo de larva, se recomienda el uso de toxina Bt”.

15. SiCNPFD = "Si"NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = " Notorio" ANDCBC = "Poco Notorio" ANDCCCC = " Notorio"
ANDACC = "Poco Notorio" ANDCC = "Muy Notorio" ANDMSLTA = "Poco Notorio"
ANDUDBFC = "Poco Notorio" ANDTCC = "Poco Notorio"
ANDAFYS = " Notorio" ANDBLCU = "Poco Notorio" ANDPMD = "Poco Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado”.

16. SiCNPFD = "Si"NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = " Notorio" ANDCBC = "Poco Notorio" ANDCCCC = " Notorio"
ANDACC = " Notorio" ANDCC = "Poco Notorio" ANDMSLTA = " Notorio"
ANDUDBFC = "Poco Notorio" ANDTCC = " Notorio" ANDAFYS = "Poco Notorio"
ANDBLCU = " Notorio" ANDPMD = " Notorio" **ENTONCES** “La Larva en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado, se recomienda en uso de toxina Bt”.

17. SiCNPFD = "Si"NEFP AND = "Si" CUC AND = "Si" LSA AND = "Si"

ANDFCCC = " Notorio" ANDCBC = "Poco Notorio" ANDCCCC = " Notorio"
ANDACC = " Notorio" ANDCC = " Notorio" ANDMSLTA = "Poco Notorio"
ANDUDBFC = "Poco Notorio" ANDTCC = " Notorio" ANDAFYS = " Notorio"
ANDBLCU = " Notorio" ANDPMD = "Poco Notorio"

ENTONCES “La Larva en estudio no corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado, se recomienda en uso de toxina Bt”.

e) Variables para determinar características propias de la Pupa del Picudo

De acuerdo a investigaciones y estudios realizados sobre el huevo del Picudo del algodón, se obtuvieron ciertas respuestas a modo de características propias, únicas y representativas que son factores importantes al momento de identificar para llegar a la identificación de la Pupa del Picudo, Tabla 3.31.

Tabla 3.31 Características de la Pupa del Picudo

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	CPBC	EL COLOR DEL PECHO ES BLANCO CREMA	Si, No
2	CECR	EL COLOR DE LA ESPALDA ES CAFÉ ROJIZO	Si, No
3	VPC	SON VISIBLES LAS PARTES DEL CUERPO	Si, No
4	PPDPV	POSEE PICO DESARROLLADO EN LA PARTE VENTRAL	Si, No
5	PELL	LAS PATAS ESTAN A LOS LADOS	Si, No
6	OEO	SUS OJOS ESTAN OSCURECIDOS	Si, No

Fuente: Elaboración Propia

f) Variables para representar los criterios de clasificación para determinar que la plaga pertenece a la Pupa del Picudo del Algodonero.

Según con los estudios e investigaciones acerca de la plaga del picudo del algodón en la fase de Pupa y de las características que este presenta en el ataque a la planta del

algodonero para con los “criterios de clasificación” que presenta la plaga en cuestión los datos que pueden ser apreciados por el usuario a simple vista. Para realizar la confirmación de la determinación de la presencia de la plaga del picudo se debe cumplir con la confirmación de cuatro características, Tabla 3.32.

Tabla 3.32 Características de la Pupa del Picudo

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	MCLYTA	MIDE 4 mm – 6.5 mm DE LARGO Y 3mm DE ANCHO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
2	CEF	EL CUERPO ESTA FORMADO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
3	UBFC	SE UBICA EN EL BOTON FLORAL O CAPSULA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
4	NTC	NO TIENE COBERTURA	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
5	AD	LAS ALAS DESARROLLADAS	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
6	NSM	NO SE MUEVE	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.10. DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA LA PUPA DEL PICUDO.

En lo que respecta al tema de variables de entrada y salida existen variables que pueden ser consideradas como indefinido o indeterminado, estas requieren de lo que se puede denominar un tratamiento especial como lo que la lógica difusa puede otorgarnos. Puesto que en estos se hallan los criterios de clasificación o categorización.

En lo siguiente cada variable constituye o simboliza un conjunto difuso con una representa un conjunto difuso con una escala de 0-10 así como cada conjunto posee a si mismo tres diferentes subconjuntos que son los siguientes:

- Nada con un rango de 0-3.
- Poco con un rango de 2-6.
- Mucho con un rango de 5-10.

A continuación se definen los denominados conjuntos difusos y funciones de pertenencia según el valor en cada una de las variables difusas.

1. MCLYTA (MIDE 4 mm – 6.5 mm DE LARGO Y 3mm DE ANCHO):

Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.33

Figura 3.29 Conjuntos Difusos de la variable MCLYTA (MIDE 4 mm – 6.5 mm DE LARGO Y 3mm DE ANCHO)

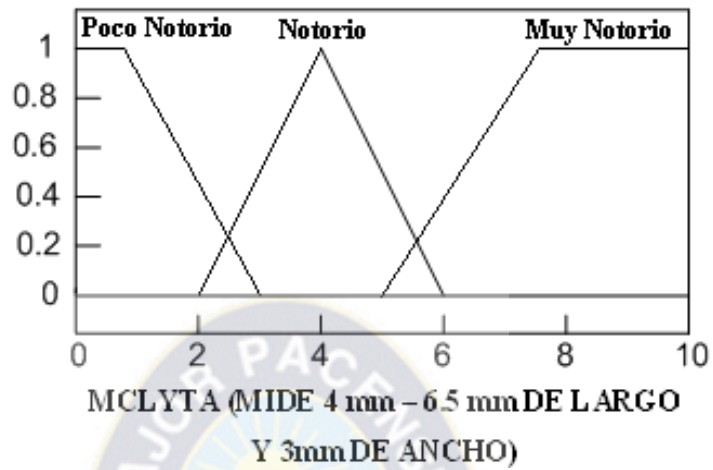


Tabla 3.33 Funciones de Pertenencia para la variable MCLYTA (MIDE 4 mm – 6.5 mm DE LARGO Y 3mm DE ANCHO)

<p>Poco notorio(x) =</p> $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	<p>Notorio(x) =</p> $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	<p>Muy Notorio(x) =</p> $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

2. CEF (EL CUERPO ESTA FORMADO): Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.34

Figura 3.30 Conjuntos Difusos de la variable CEF (EL CUERPO ESTA FORMADO)

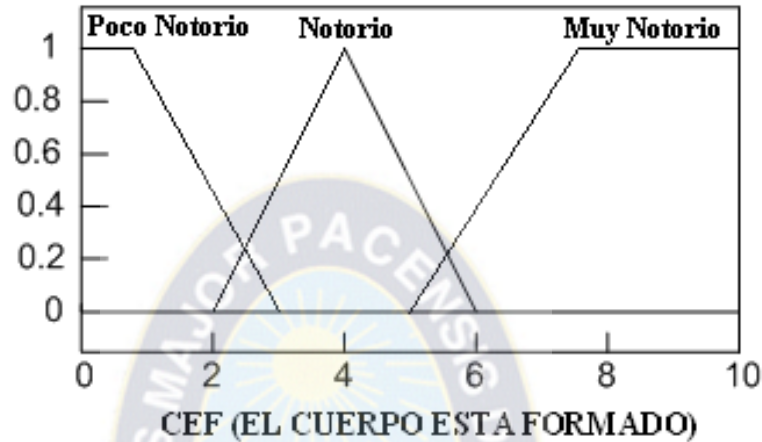


Tabla 3.34 Funciones de Pertenencia para la variable CEF (EL CUERPO ESTA FORMADO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

- 3. UBFC (SE UBICA EN EL BOTON FLORAL O CAPSULA):** Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada. Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.35

Figura 3.30 Conjuntos Difusos de la variable UBFC (SE UBICA EN EL BOTON FLORAL O CAPSULA)

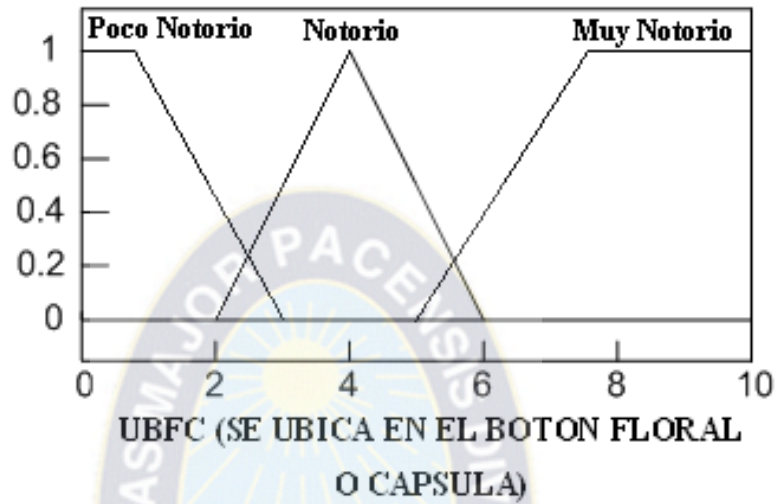


Tabla 3.35 Funciones de Pertenencia para la variable UBFC (SE UBICA EN EL BOTON FLORAL O CAPSULA)

Poco notorio(x) = $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	Notorio(x) = $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	Muy Notorio(x) = $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

- 4. NTC (NO TIENE COBERTURA):** Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada. Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.36

Figura 3.31 Conjuntos Difusos de la variable NTC (NO TIENE COBERTURA)

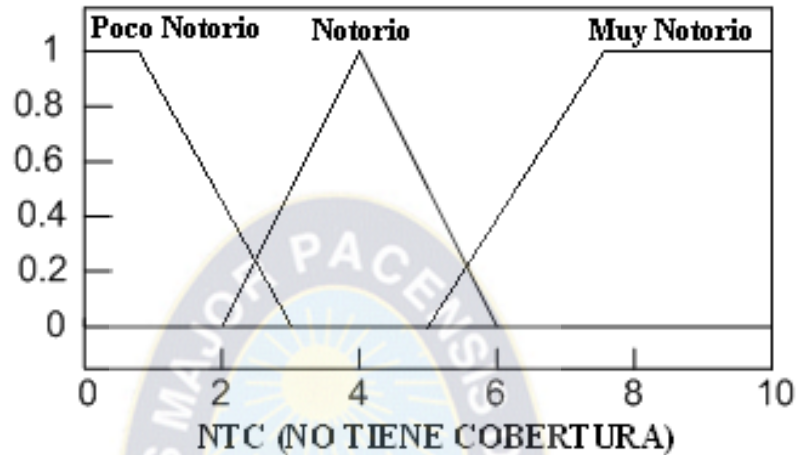


Tabla 3.36 Funciones de Pertenencia para la variable NTC (NO TIENE COBERTURA)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

5. AD (LAS ALAS DESARROLLADAS): Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.37

Figura 3.32 Conjuntos Difusos de la variable AD (LAS ALAS DESARROLLADAS)

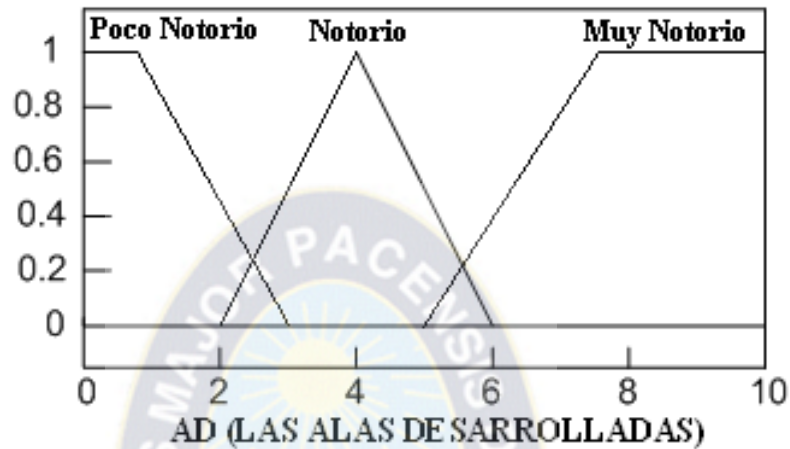


Tabla 3.37 Funciones de Pertenencia para la variable AD (LAS ALAS DESARROLLADAS)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

6. NSM (NO SE MUEVE): Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.38

Figura 3.33 Conjuntos Difusos de la variable NSM (NO SE MUEVE)

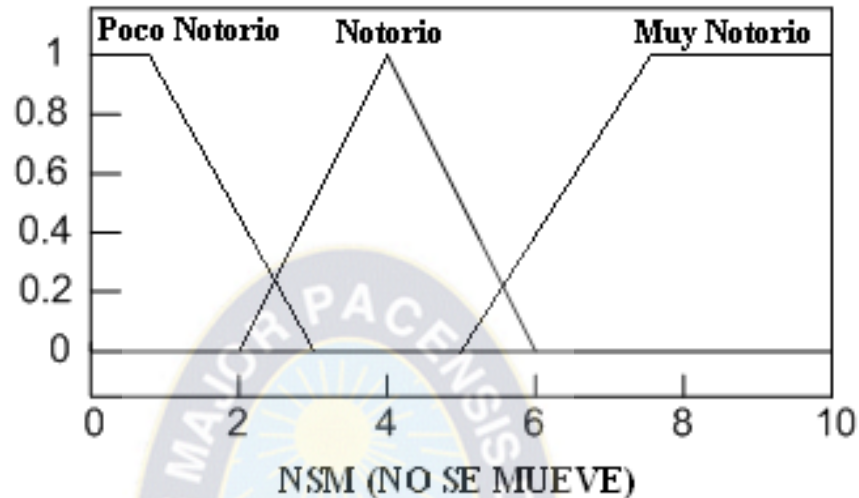


Tabla 3.38 Funciones de Pertenencia para la variable NSM (NO SE MUEVE)

Poco	notorio(x)	=	Notorio(x)	=	Muy	Notorio(x)	=
$\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$			$\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$			$\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	

Fuente: Elaboración Propia

3.2.11. BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DE LA PUPA DEL PICUDO

De la base de hechos se almacena los datos respectivos caracterizas que la planta presenta al ser observada así como se desea interactuar con el sistema experto. Para comenzar se posee solo los datos introducidos por el usuario. Acorde con los estudios de los casos presentados respecto a la pupa del picudo que lleva a identificar los hechos de a continuación:

Hecho 1: La Pupa mide 4 mm – 6.5 mm de largo y 3mm de ancho.

Hecho 2: El cuerpo de la pupa está formado.

Hecho 3: La pupa se ubica en el botón floral o capsula.

Hecho 4: El cuerpo de la pupa no tiene cobertura.

Hecho 5: Las alas de la pupa están desarrolladas.

Hecho 6: La pupa no se mueve.

3.2.12. BASE DE REGLAS DE LA PUPA DEL PICUDO

Para representar el conocimiento en lo que es la base de reglas es la forma más extendida, para su respectiva representación de razonar tienen la forma siguiente:

Si< condición >**Entonces**< acción / condición >

Para la representación del conocimiento una forma conocida son las llamadas reglas de producción, así como se presentan reglas formadas por los diferentes resultados a modo de variaciones del árbol de decisiones que se los puede apreciar en la sección Anexos al final.

➤ Desarrollo de Reglas

1. **SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si"**
ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = "Muy Notorio" ANDCEF
= "Muy Notorio" ANDUBFC = "Muy Notorio" ANDNTC = "Muy Notorio"
ANDAD = "Muy Notorio" ANDNSM = "Muy Notorio" ENTONCES “La pupa corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas Hardee y revise las otras plantaciones”.
2. **SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si"**
ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = " Notorio" ANDCEF =
"Muy Notorio" ANDUBFC = " Notorio" ANDNTC = "Muy Notorio" ANDAD
= "Muy Notorio" ANDNSM = "Muy Notorio" ENTONCES “La pupa corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas Hardee y revise las otras plantaciones ”.
3. **SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si"**
ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = " Notorio" ANDCEF =
"Muy Notorio" ANDUBFC = " Notorio" ANDNTC = "Muy Notorio" ANDAD
= "Muy Notorio" ANDNSM = " Notorio" ENTONCES “La pupa corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas Hardee y revise las otras plantas”.
4. **SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si"**
ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = "Muy Notorio" ANDCEF
= " Notorio" ANDUBFC = "Muy Notorio" ANDNTC = " Notorio" ANDAD =
"Muy Notorio" ANDNSM = " Notorio" ENTONCES “La pupa corresponde

al Picudo retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas Hardee y revise las otras plantas”.

5. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = "Muy Notorio" ANDCEF = " Notorio" ANDUBFC = "Muy Notorio" ANDNTC = " Notorio" ANDAD = "Muy Notorio" ANDNSM = " Notorio" **ENTONCES** “La pupa corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas Hardee”.
6. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = " Notorio" ANDCEF = "Muy Notorio" ANDUBFC = "Muy Notorio" ANDNTC = "Muy Notorio" ANDAD = " Notorio" ANDNSM = "Muy Notorio" **ENTONCES** “La pupa corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas Hardee”.
7. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = " Notorio" ANDCEF = " Notorio" ANDUBFC = " Notorio" ANDNTC = "Poco Notorio" ANDAD = "Muy Notorio" ANDNSM = " Notorio" **ENTONCES** “La pupa no corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente y usar toxina”.
8. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = " Notorio" ANDCEF = "Muy Notorio" ANDUBFC = " Notorio" ANDNTC = "Poco Notorio" ANDAD

= "Poco Notorio" **ANDNSM** = "Notorio" **ENTONCES** “La pupa no corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente y usar toxina, revise las otras plantas”.

9. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = "Poco Notorio" ANDCEF = "Poco Notorio" ANDUBFC = "Notorio" ANDNTC = "Notorio" ANDAD = "Poco Notorio" ANDNSM = "Muy Notorio" ENTONCES “La pupa no corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas, revise las otras plantas”.

10. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = "Poco Notorio" ANDCEF = "Notorio" ANDUBFC = "Poco Notorio" ANDNTC = "Notorio" ANDAD = "Poco Notorio" ANDNSM = "Notorio" ENTONCES “La pupa no corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y las otras plantas”.

11. SiCPBC = "Si"CECR AND = "Si" VPC AND = "Si" PPDPV AND = "Si" ANDPELL= "Si" ANDOEO= "Si" ANDMCLYTA = "Notorio" ANDCEF = "Poco Notorio" ANDUBFC = "Poco Notorio" ANDNTC = "Poco Notorio" ANDAD = "Notorio" ANDNSM = "Poco Notorio" ENTONCES “La pupa no corresponde al Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y revise las otras plantas”.

g) Variables para determinar características propias del Adulto Picudo.

De acuerdo a investigaciones y estudios realizados sobre el huevo del Picudo del algodón, se obtuvieron ciertas respuestas a modo de características propias, únicas y representativas que son factores importantes al momento de identificar para llegar a la identificación del Adulto del Picudo, Tabla 3.39.

Tabla 3.39 Características del Adulto del Picudo

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	CTF	CUERPO TOTALMENTE FORMADO	Si, No
2	CEBD	SU CABEZA ESTA BIEN DEFINIDA	Si, No
3	NPC	NO POSEEE COBERTURA	Si, No
4	PA	POSEE ALAS	Si, No

Fuente: Elaboración Propia

h) Variables para representar los criterios de clasificación para determinar que la plaga pertenece al Adulto Picudo del Algodonero.

Según con los estudios e investigaciones acerca de la plaga del picudo del algodón en la fase de Adulto del Picudo y de las características que este presenta en el ataque a la planta del algodón para con los “criterios de clasificación” que presenta la plaga en cuestión los datos que pueden ser apreciados por el usuario a simple vista. Para realizar la confirmación de la determinación de la presencia de la plaga del picudo se debe cumplir con la confirmación de cuatro características, Tabla 3.40.

Tabla 3.40 Variables para representar los criterios de clasificación para determinar del Adulto del Picudo.

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	MCLTA	MIDE 4 mm – 9 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
2	CCRHPO	SU COLOR ES CAFÉ ROJIZO HASTA PARDO OSCURO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
3	PPDC	POSEE PICO DELGADO Y CURVO DE 3 mm – 9 mm DE LARGO	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
4	PDE	POSEE DIENTES O ESPUELAS	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
5	APBH	SE ALIMENTA DE POLEN, BELLOTAS Y HOJAS	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)
6	SM	SE MUEVE	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

Fuente: Elaboración Propia

i) Variables para representar el resultado de la determinación de Plaga del Picudo.

Esta será la variable de salida para la determinación y control de plagas en el algodón, como se puede apreciar a continuación en la Tabla 3.41

Según con los estudios e investigaciones acerca de la plaga del picudo del algodón en la fase de Adulto del Picudo y de las características que este presenta en el ataque a la planta del algodón para con los “criterios de clasificación” que presenta la plaga en

cuestión los datos que pueden ser apreciados por el usuario a simple vista. Para realizar la confirmación de la determinación de la presencia de la plaga del picudo se debe cumplir con la confirmación de cuatro características.

Tabla 3.41 Variables para representar el resultado de determinación de la Plaga del Picudo del algodónero

Nro.	Variable Lingüística	Descripción	Rango / Valor lingüístico
1	PlagaProbable	Determinación que es Probable de que se presente la Plaga del Picudo.	Nada(0-3) Poco(2-6) Mucho(5-10)

Fuente: Elaboración Propia

3.2.13. DEFINICION DE CONJUNTOS DIFUSO DE LAS VARIABLES LINGUISTICAS PARA EL ADULTO DEL PICUDO.

En lo que respecta al tema de variables de entrada y salida existen variables que pueden ser consideradas como indefinido o indeterminado, estas requieren de lo que se puede denominar un tratamiento especial como lo que la lógica difusa puede otorgarnos. Puesto que en estos se hallan los criterios de clasificación o categorización.

En lo siguiente cada variable constituye o simboliza un conjunto difuso con una representa un conjunto difuso con una escala de 0-10 así como cada conjunto posee a si mismo tres diferentes subconjuntos que son los siguientes:

- Nada con un rango de 0-3.
- Poco con un rango de 2-6.
- Mucho con un rango de 5-10.

A continuación se definen los denominados conjuntos difusos y funciones de pertenencia según el valor en cada una de las variables difusas.

1. **MCLTA (MIDE 4 mm – 9 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO)** :Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.42

Figura 3.34 Conjuntos Difusos de la variable MCLTA (MIDE 4 mm – 9 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO)

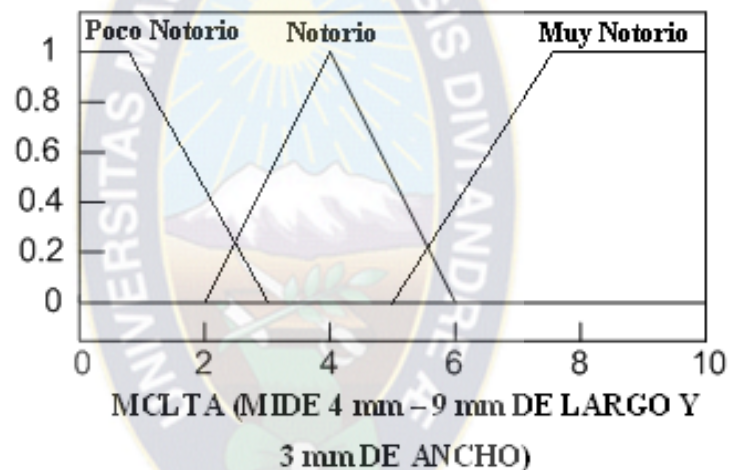


Tabla 3.42 Funciones de Pertenencia para la variable MCLTA (MIDE 4 mm – 9 mm DE LARGO Y 3 mm DE ANCHO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

2. **CCRHPO (SU COLOR ES CAFÉ ROJIZO HASTA PARDO OSCURO)**

:Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.43

Figura 3.35 Conjuntos Difusos de la variable CCRHPO (SU COLOR ES CAFÉ ROJIZO HASTA PARDO OSCURO)

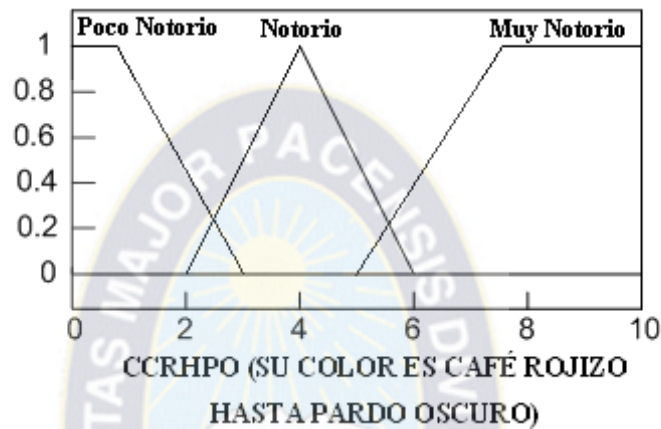


Tabla 3.43 Funciones de Pertenencia para la variable CCRHPO (SU COLOR ES CAFÉ ROJIZO HASTA PARDO OSCURO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

3. PPDC (POSEE PICO DELGADO Y CURVO DE 3 mm – 9 mm DE LARGO) :Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.44

Figura 3.36 Conjuntos Difusos de la variable PPDC (POSEE PICO DELGADO Y CURVO DE 3 mm – 9 mm DE LARGO)

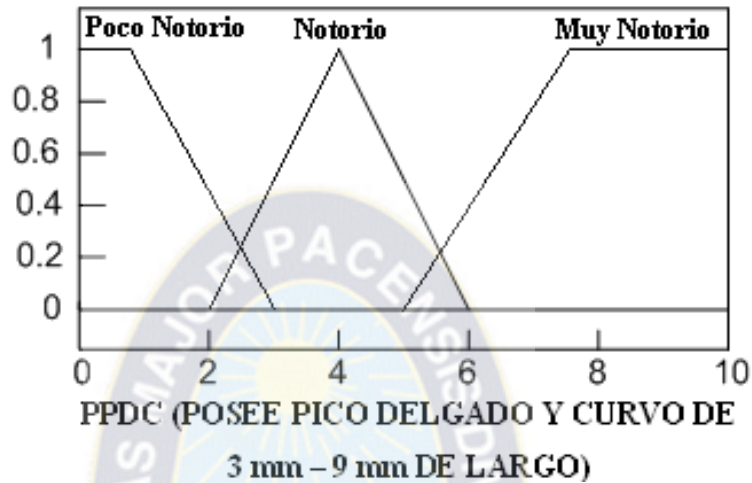


Tabla 3.44 Funciones de Pertenencia para la variable PPDC (POSEE PICO DELGADO Y CURVO DE 3 mm – 9 mm DE LARGO)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

4. PDE (POSEE DIENTES O ESPUELAS): Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada.

Su conjunto difuso y función de pertenencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.45

Figura 3.37 Conjuntos Difusos de la variable PDE (POSEE DIENTES O ESPUELAS)



Tabla 3.45 Funciones de Pertinencia para la variable PDE (POSEE DIENTES O ESPUELAS)

Poco notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-1} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	=	Notorio(x) $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	=	Muy Notorio(x) $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$	=
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Fuente: Elaboración Propia

5. **APBH (SE ALIMENTA DE POLEN, BELLOTAS Y HOJAS)** :Esto hace referencia a que el aspecto de la larva es forma cilíndrica curvada. Su conjunto difuso y función de pertinencia se observan en la siguiente figura y la Tabla 3.46

Figura 3.38 Conjuntos Difusos de la variable APBH (SE ALIMENTA DE POLEN, BELLOTAS Y HOJAS)

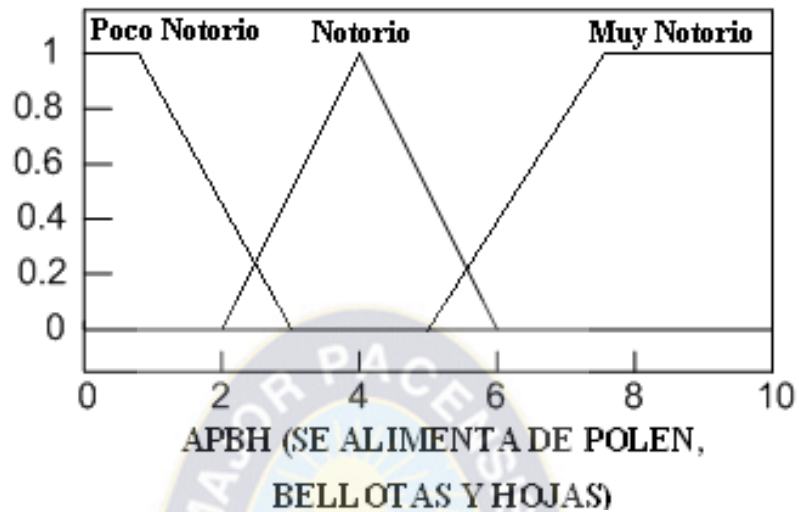


Tabla 3.46 Funciones de Pertenencia para la variable APBH (SE ALIMENTA DE POLEN, BELLOTAS Y HOJAS)

<p>Poco notorio(x) =</p> $\begin{cases} 1 & \text{Si } x < 1 \\ \frac{3-x}{3-x} & \text{Si } 1 \leq x \leq 3 \\ 0 & \text{Si } x > 3 \end{cases}$	<p>Notorio(x) =</p> $\begin{cases} 0 & \text{Si } x \leq 2 \\ \frac{x-2}{4-2} & \text{Si } 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4} & \text{Si } 4 \leq x \leq 6 \\ 0 & \text{Si } x > 6 \end{cases}$	<p>Muy Notorio(x) =</p> $\begin{cases} 1 & \text{Si } x > 8 \\ \frac{x-5}{8-5} & \text{Si } 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & \text{Si } x < 5 \end{cases}$
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

3.2.14. BASE DE HECHOS DE CARACTERISTICAS DEL ADULTO DEL PICUDO

De la base de hechos se almacena los datos respectivos caracterizas que la planta presenta al ser observada así como se desea interactuar con el sistema experto. Para comenzar se posee solo los datos introducidos por el usuario. Acorde con los estudios de los casos presentados respecto al adulto del picudo que lleva a identificar los hechos de a continuación:

Hecho 1: El adulto mide de 4mm. – 9mm. de largo y 3mm. de ancho.

Hecho 2: El color del adulto es café rojizo hasta pardo oscuro

Hecho 3: El adulto posee un pico delgado y curvo de 3mm.- 9mm. de largo.

Hecho 4: El adulto posee dientes o espuelas.

Hecho 5: El adulto se alimenta de polen, bellotas y hojas.

Hecho 6: El adulto se mueve.

3.2.15. BASE DE REGLAS DEL ADULTO DEL PICUDO

Para representar el conocimiento en lo que es la base de reglas es la forma más extendida, para su respectiva representación de razonar tienen la forma siguiente:

Si< condición >Entonces< acción / condición >

Para la representación del conocimiento una forma conocida son las llamadas reglas de producción, así como se presentan reglas formadas por los diferentes resultados a modo de variaciones del árbol de decisiones que se los puede apreciar en la sección Anexos al final.

➤ Desarrollo de Reglas

1. SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"

ANDMCLTA = "Muy Notorio" ANDCCRHPO = "Muy Notorio" ANDPPDC =

"Muy Notorio" ANDPDE = "Muy Notorio" ANDAPBH = "Muy Notorio"

ANDSM = "Muy Notorio" ENTONCES "El adulto estudiado corresponde al

Adulto Picudo, extráigalo con cuidado, usar toxina y coloque trampa de feromonas Legget, revisar en las plantas si encuentra 10.000 adultos realice un combate químico en toda el área. De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra. Utilizar Islas de cultivo como plantas trampa. Recoja los bellotas del piso y entierre 0.5 m. bajo tierra”.

2. SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"

ANDMCLTA = "Muy Notorio" ANDCCRHPO = "Notorio" ANDPPDC = "Muy Notorio" ANDPDE = "Muy Notorio" ANDAPBH = "Notorio" ANDSM = "Muy Notorio" **ENTONCES** “El adulto estudiado corresponde al Adulto Picudo, extráigalo con cuidado, usar toxina y coloque trampa de feromonas Legget, revisar en las plantas si encuentra 10.000 adultos realice un combate químico en toda el área. De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra. Utilizar Islas de cultivo como plantas trampa, Recoja los bellotas del piso y entierre 0.5 m. bajo tierra”.

3. SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"

ANDMCLTA = "Notorio" ANDCCRHPO = "Muy Notorio" ANDPPDC = "Muy Notorio" ANDPDE = "Muy Notorio" ANDAPBH = "Notorio" ANDSM = "Muy Notorio" **ENTONCES** “El adulto estudiado corresponde al Adulto Picudo, extráigalo con cuidado, usar toxina y coloque trampa de feromonas Legget, revisar en las plantas si encuentra 10.000 adultos realice un combate químico en toda el área. De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra. Utilizar Islas de cultivo como plantas trampa”.

4. **SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"**
ANDMCLTA = "Muy Notorio" ANDCCRHPO = " Notorio" ANDPPDC = "
Notorio" ANDPDE = "Muy Notorio" ANDAPBH = "Muy Notorio" ANDSM =
"Muy Notorio" ENTONCES “El adulto estudiado corresponde al Adulto
Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina y coloque trampa de feromonas
Legget. De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra”.
5. **SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"**
ANDMCLTA = " Notorio" ANDCCRHPO = " Notorio" ANDPPDC = "Muy
Notorio" ANDPDE = "Muy Notorio" ANDAPBH = "Muy Notorio" ANDSM =
" Notorio" ENTONCES “El adulto estudiado corresponde al Adulto Picudo,
extráigalo con cuidado, usar toxina y coloque trampa de feromonas Legget,
revisar en las plantas si encuentra 10.000 adultos realice un combate químico en
toda el área. De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra”.
6. **SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"**
ANDMCLTA = "Muy Notorio" ANDCCRHPO = " Notorio" ANDPPDC =
"Muy Notorio" ANDPDE = "Muy Notorio" ANDAPBH = " Notorio" ANDSM
= "Muy Notorio" ENTONCES “El adulto estudiado corresponde al Adulto
Picudo, extráigalo con cuidado, usar toxina y coloque trampa de feromonas
Legget, De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra”.
7. **SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"**
ANDMCLTA = " Notorio" ANDCCRHPO = " Notorio" ANDPPDC = "Muy
Notorio" ANDPDE = " Notorio" ANDAPBH = "Poco Notorio" ANDSM =

"Muy Notorio" **ENTONCES** "El adulto estudiado no corresponde a Picudo, extráigalo con cuidado, utilizar toxina Bt. De ser posible coloque trampa de feromonas para Picudo hembra".

8. SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"

ANDMCLTA = "Notorio" ANDCCRHPO = "Muy Notorio" ANDPPDC = "Notorio" ANDPDE = "Poco Notorio" ANDAPBH = "Notorio" ANDSM = "Notorio" **ENTONCES** "El adulto estudiado no corresponde a Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina. Realice una observación de las plantas".

9. SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"

ANDMCLTA = "Notorio" ANDCCRHPO = "Notorio" ANDPPDC = "Notorio" ANDPDE = "Poco Notorio" ANDAPBH = "Muy Notorio" ANDSM = "Notorio" **ENTONCES** "El adulto estudiado no corresponde a Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina. Realice una observación de las plantas".

10. SiCTF = "Si" AND CEBD= "Si" AND NPC= "Si" AND PA= "Si"

ANDMCLTA = "Poco Notorio" ANDCCRHPO = "Poco Notorio" ANDPPDC = "Notorio" ANDPDE = "Notorio" ANDAPBH = "Poco Notorio" ANDSM = "Poco Notorio" **ENTONCES** "El adulto estudiado no corresponde a Picudo, retírelo inmediatamente, usar toxina Realice una observación de las plantas".

3.3. MOTOR DE INFERENCIA

El llamado motor de inferencia consiste en lo que es la selección de los conocidos como operadores matemáticos que se debe emplear para los diferentes cálculos internos que se realiza y así mismo llegar a concretar el conjunto de inferencia ya clarificado.

En cada una de las diferentes variables de entrada y salida que posee un interpretación en lo que viene a ser el sistema de lógica difusa en lo que es mas entendible en forma de variables.

Respecto a una variable lingüística que algo que se puede describir como una colección de atributos que adquieren las denominadas variables, estas a su vez que se encuentran representados por medio de lo conocido como un conjunto difuso.

En la realización de este proceso se extrae las conclusiones de la base de conocimiento, acorde con el método que solución de problema que muestra el procedimiento del experto especializado para solucionar el problema, la respuesta a la que se llega por medio de lo que es la correcta aplicación de reglas que ya fueron previamente definidas a través de los que son los hechos de la base de conocimiento.

3.4. IMPLEMENTACION

Para la implementación del que es nuestro producto desarrollado permite que podamos experimentar y evaluar el trabajo planteado así también como que posee una interfaz acorde a lo que es amigabilidad para con el usuario, también tiene la capacidad de inferencia por medio de lo que es la programación en SWI-Prolog para con las reglas y hechos que sustentan el motor de inferencia.

Como ya se había mencionado la base de conocimientos posee las variables, lo que es la base de hechos y el conjunto de reglas, y que el motor de inferencia selecciona las respectivas reglas en base a hechos que se definieron anteriormente, en el momento de llevar a cabo la ejecución utiliza la lógica difusa para con estas reglas. En la realización de la búsqueda que hace el motor de inferencia utiliza el encadenamiento hacia adelante que es la dirección que sigue.

Los motores de inferencia que realizan su funcionamiento con el denominado encadenamiento hacia adelante busca reglas con respectivas premisas o antecedentes son verificados por hechos de su propia base de hechos.

Cuando la primera premisa es cumplida esto da lugar a que todas las reglas posibles se almacenen como guardado en algo que se puede denominar “agenda” puesto que el motor de inferencia posee una memoria para la elaboración de su trabajo.

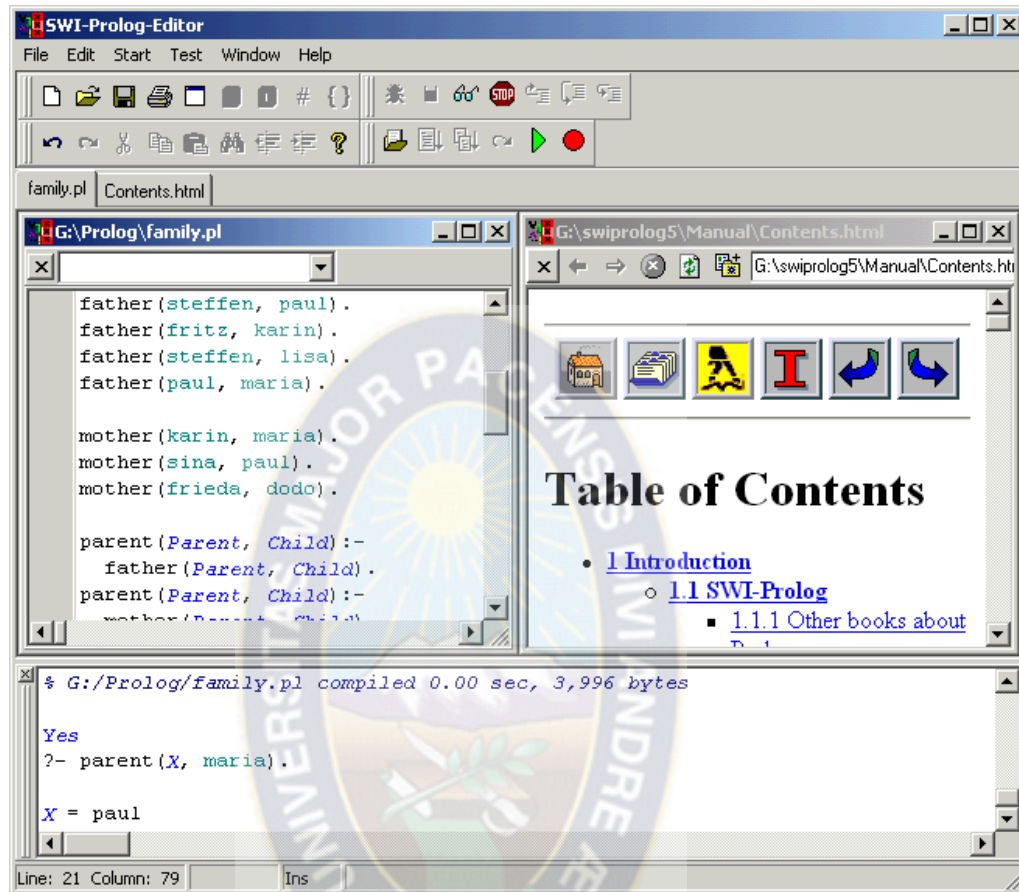
Si existe se realiza la aplicación, esto significa que muestra el concluyente es decir que se cumple y es verdadera. A continuación del evento anterior el motor de inferencia realizara la búsqueda de otra regla y realizara la aplicación otra vez, realizando la comprobación de los hechos acorde de cómo esta los solicite.

Figura 3.39 Sistema de Inferencia de la Lógica Difusa



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.40 Pantalla Principal de SWI-PROLOG



Fuente: Elaboración Propia

3.4.1. PRODUCTO SECONALG

Cuando se llega a la conclusión de la programación del producto, para que lleve a cabo la ejecución es requisito que el equipo o computadora tenga instalado previamente SWI-PROLOG. Posterior a esto se muestra y se da una explicación de cada una de las apreciaciones de pantalla o capturas de pantalla del sistema experto para la determinación y control del picudo del algodonero.

Se da comienzo desplegando la pantalla principal del sistema experto, esta que posee una pestaña de inicio de consulta, otra de consejos para el usuario, consejos respecto a los cuidados que se tiene que tener con la planta y otra de ayuda donde se puede apreciar una descripción del sistema experto **SECONALG**, así como que se toma en cuenta con

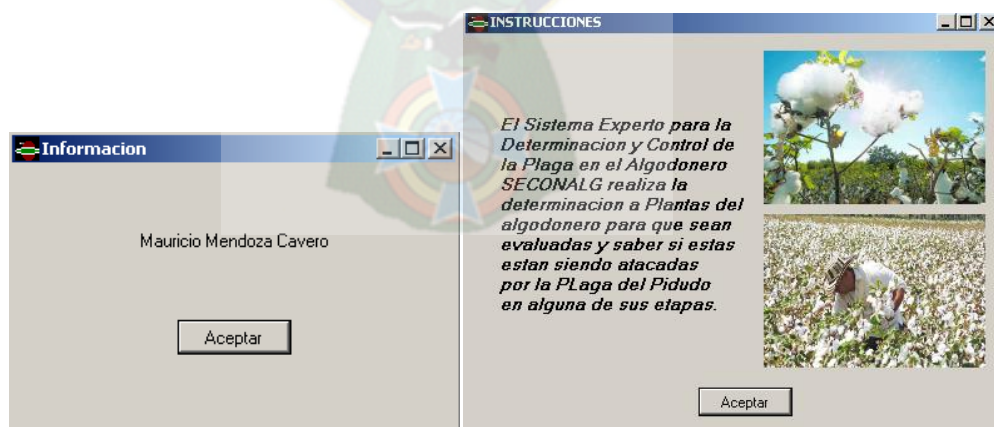
un botón de Información que nos dirige o conduce a una pantalla de información de la plaga del picudo del algodón, observar las figuras **Figura 3.41**, **Figura 3.42** y **Figura 3.43**.

Figura 3.41 Pantalla Principal del Sistema Experto SECONALG



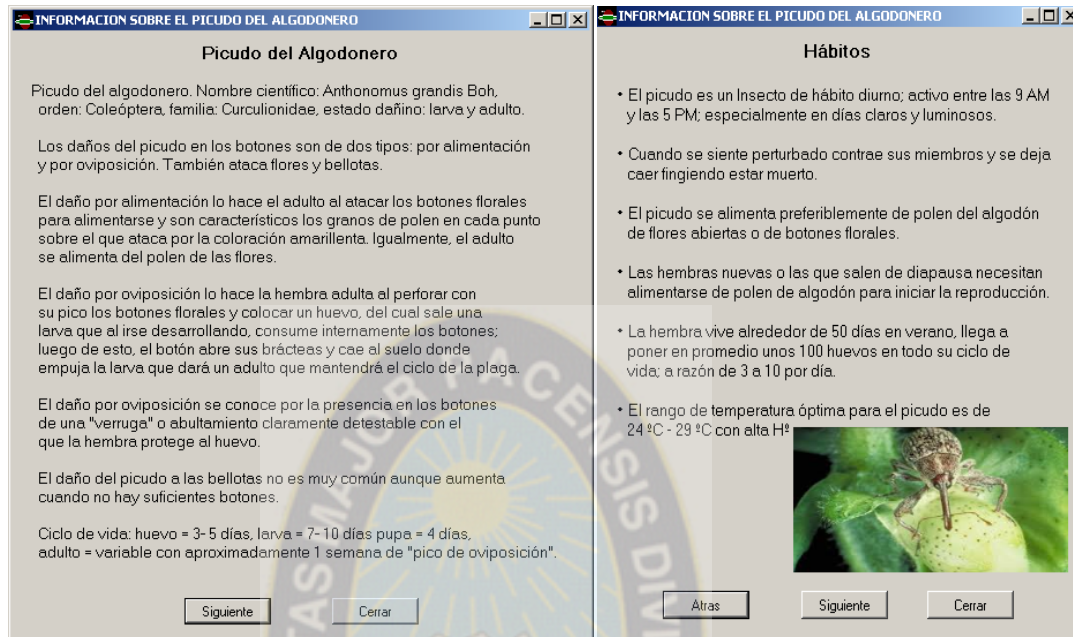
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.42 Pantalla del Autor e Instrucciones



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.43 Pantalla de Información sobre el Picudo del Algodonero



Fuente: Elaboración Propia

Cuando ya se hay pulsado la pestaña de inicio de consulta la pantalla nos dirige a otra pantalla, en la cual se debe elegir el tipo de estado de la plaga que el usuario haya identificado o tenga apariencia cercana a esta, esta misma que el usuario encontró en la planta, esto se refiere a huevo, larva, pupa y adulto. Ver la Figura 3.44.

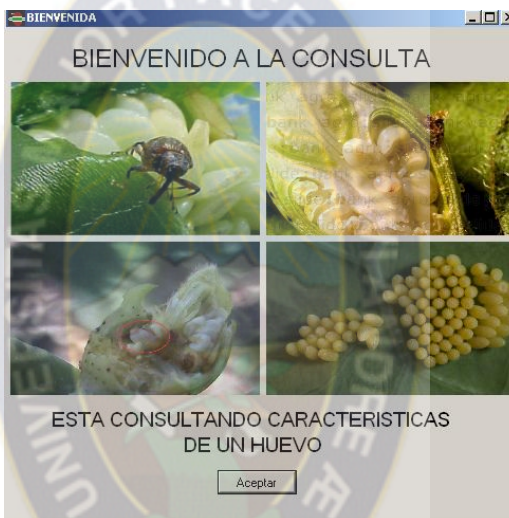
Figura 3.44 Pantalla de Selección sobre el estado de la plaga.



Fuente: Elaboración Propia

Una vez que se introdujo los datos del usuario y que este mismo está introduciendo los datos requeridos de las observaciones, se direcciona a otra pantalla en que es el motivo de la consulta de características presentadas, o por factores de riesgo, o consultas de para la obtención de información, así como se da la bienvenida de la consulta de la etapa del huevo de la plaga. Ver Figura 3.45.

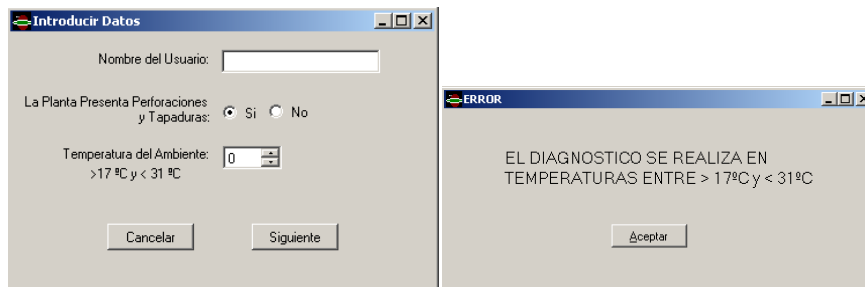
Figura 3.45 Pantalla de Bienvenida a consulta especificando que es huevo.



Fuente: Elaboración Propia

En las siguiente figura se debe introducir los datos personales del usuario de sistema experto, en este caso se toma en cuenta la validaciones respectivas si se da el caso de un llenado incorrecto, sale una pantalla de error. Ver Figura 3.46.

Figura 3.46 Pantalla de Introducir datos y pantalla de Error



Fuente: Elaboración Propia

Posterior a las respectivas seleccionar, se debe presionar el botón siguiente que nos conduce a otra pantalla la que se encuentra la selección de criterios de clasificación, estos así mismo son de suma importancia puesto que estos son criterios que definirá si en la planta en estudio está presente o no el huevo del algodonero. Ver Figura 3.47.

Figura 3.47 Pantalla de criterios de clasificación

CRITERIOS DE CLASIFICACION

ES DE ASPECTO LISO ? : Nada Poco Mucho

COLOR ES BLANCO CREMA ? : Nada Poco Mucho

TIENE LA FORMA ELIPTICA(CON ADAPTACION) ? : Nada Poco Mucho

MIDE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm DE ANCHO ? : Nada Poco Mucho

NO PRESENTA PATAS ? : Nada Poco Mucho

UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA ? : Nada Poco Mucho

POSEE COBERTURA ? : Nada Poco Mucho

ES VISIBLE CON LUPA ? : Nada Poco Mucho

EL HUEVO ES BRILLOSO ? : Nada Poco Mucho

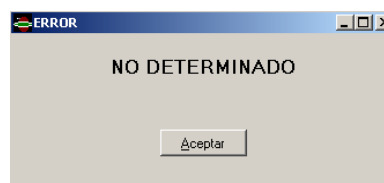
SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES ? : Nada Poco Mucho

Atras Siguiente

Fuente: Elaboración Propia

Si se da el caso que el sistema experto no pueda realizar una determinación por falta de conocimiento, se desplegara una pantalla en que se muestre un error como se muestra en la Figura. Ver Figura 3.48.

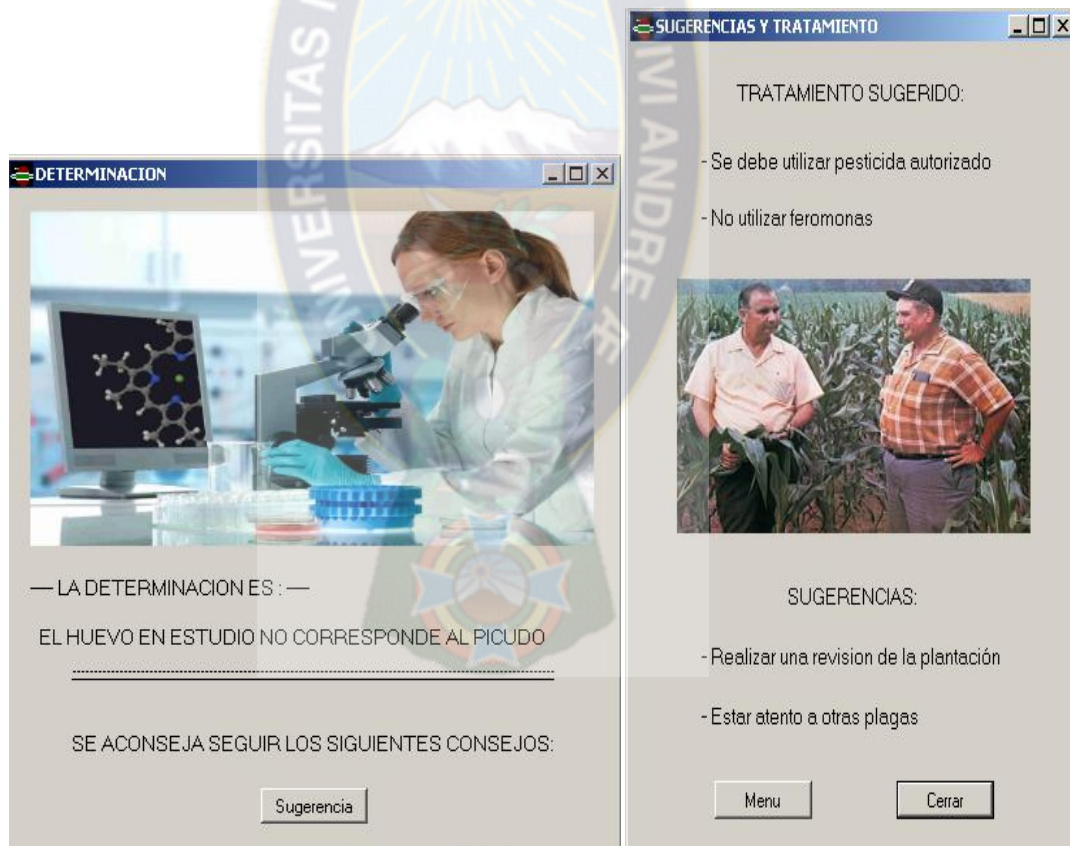
Figura 3.48 Pantalla de Error de conocimiento no determinado



Fuente: Elaboración Propia

Después de previamente haber seleccionado las características presentadas en la planta en el sistema experto se muestra la determinación obtenida en una respectiva pantalla. Se tiene tres posibles determinaciones en los que respecta a una conclusión las cuales son: El huevo Corresponde al picudo, Podría Corresponder y el huevo no Corresponde al Picudo. Así mismo que cada determinación posee una pantalla de sugerencias y tratamiento ofreciendo consejos aplicados al problema específico. Ver Figura 3.49, Ver Figura 3.50. y Ver Figura 3.51.

Figura 3.49 Pantalla de Determinación, sugerencia y tratamiento para una determinación de no corresponder a huevo del picudo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.50 Pantalla de Determinación, sugerencia y tratamiento para una determinación de podría corresponder a huevo del picudo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.51 Pantalla de Determinación, sugerencia y tratamiento para una determinación de que si corresponde a huevo del picudo.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.52 Pantalla de Consejos acerca de la maleza para el cuidado de la planta del algodón



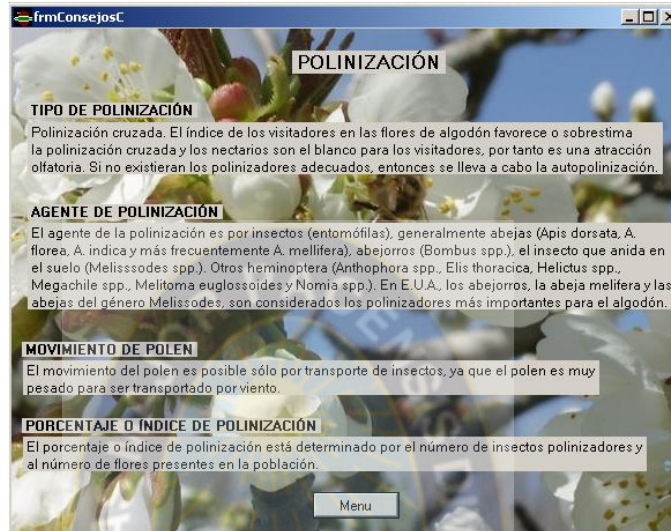
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.53 Pantalla de Consejos acerca del raleo para el cuidado de la planta del algodón



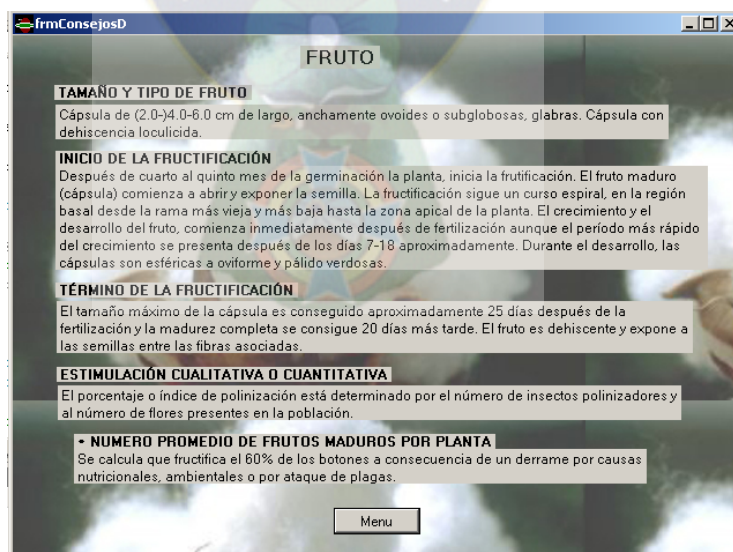
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.54 Pantalla de Consejos acerca de la polinización de la planta del algodón



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.55 Pantalla de Consejos acerca del fruto de la planta del algodón



Fuente: Elaboración Propia

3.5. PRUEBAS DE SOFTWARE

Al llegar a la elaboración y programación de lo que es el sistema experto, corresponde realizar las pruebas de funcionamiento, se despliegan las diferentes capturas de las pantallas de ejecución, las que mostro el sistema experto SECONALG, llegando así a la demostración como son la introducción de datos de entrada, la consecución de las preguntas para la consecución de la determinación de la plaga del picudo en alguna de sus etapas y finalmente se muestra el resultado de la determinación final de si la planta presenta o no las características del ataque de la plaga.

A continuación se realizará una ejemplificación para la realización de la respectiva prueba del sistema experto de determinación y control de la plaga del picudo.

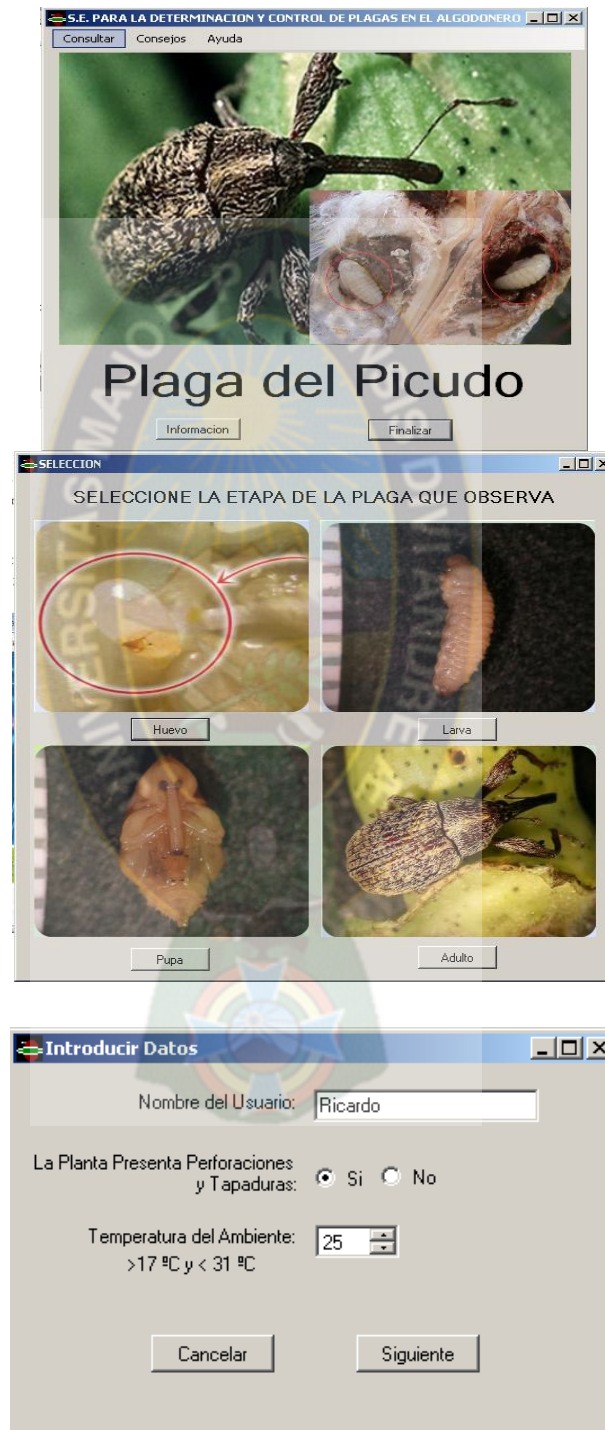
EJEMPLO: La plaga tiene aspecto de huevo

“Si la planta presenta perforaciones y que el ambiente se encuentra en 25°C, la plaga tiene mucho de aspecto liso, tiene mucho de color crema, tiene poca forma elíptica, tiene la mucha medición de 0.8 mm de largo y 0.5 mm de ancho, tiene nada de presentar patas, tiene mucha de ubicación en botón floral o capsula, tiene poca cobertura, tiene poco de visible con lupa, tiene mucho de huevo brillante, tiene mucho de ubicación en la parte inferior de los botones”.

ENTONOCES El huevo en estudio corresponde al Picudo y se debe utilizar pesticida autorizado.”

PRUEBA: A continuación se muestra las correspondientes capturas de pantallas de la determinación para el ejemplo que se planteo anteriormente, ver la Figura 3.56, ver la Figura 3.57, ver la Figura 3.58, ver la Figura 3.59, ver la Figura 3.60, ver la Figura 3.61, ver la Figura 3.62.

Figura 3.56 Pantalla de inicio de consulta, pantalla de selección y pantalla de introducción de datos principales



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.57 Pantalla de consulta a la selección de huevo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.58 Pantalla de selección de criterios de clasificación

CRITERIOS DE CLASIFICACION

ES DE ASPECTO LISO ? : Nada Poco Mucho

COLOR ES BLANCO CREMA ? : Nada Poco Mucho

TIENE LA FORMA ELIPTICA(CON ADAPTACION) ? : Nada Poco Mucho

MIDE 0.8 mm DE LARGO Y 0.5 mm DE ANCHO ? : Nada Poco Mucho

NO PRESENTA PATAS ? : Nada Poco Mucho

UBICACIÓN EN BOTON FLORAL O CAPSULA ? : Nada Poco Mucho

POSEE COBERTURA ? : Nada Poco Mucho

ES VISIBLE CON LUPA ? : Nada Poco Mucho

EL HUEVO ES BRILLOSO ? : Nada Poco Mucho

SE UBICA EN LA PARTE INFERIOR DE LOS BOTONES ? : Nada Poco Mucho

Atras Siguiente

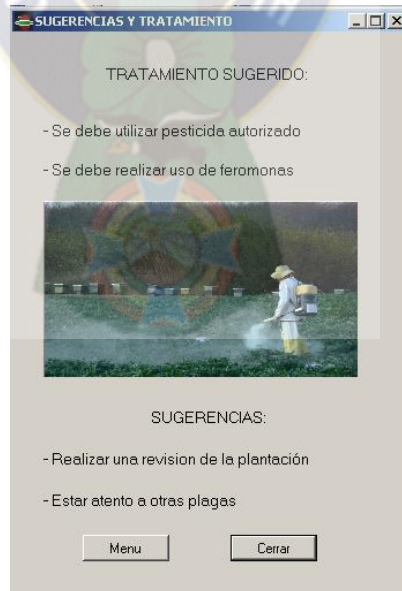
Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.59 Determinación Final del sistema experto SECONALG



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.60 Pantalla de sugerencias y tratamiento de la planta



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.61 Pantalla de Consejos acerca de la maleza para el cuidado de la planta del algodón



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.62 Pantalla de Consejos acerca del raleo para el cuidado de la planta del algodón



Fuente: Elaboración Propia

3.6. REVISION DEL SISTEMA EXPERTO

La denominada etapa de revisión del sistema experto se la hizo durante todo el proceso de construcción del sistema experto, realizando modificaciones y realizando mejoras en cada etapa y también en los detalles de validación del sistema experto SECONALG para así realizar la obtención de un resultado fiable y una determinación cuya conclusión sea eficiente.



CAPITULO IV

PRUEBA DE

HIPOTESIS



4 PRUEBA DE HIPOTESIS

4.1 PRUEBA DE HIPOTESIS

En el presente capitulo se realizara la correspondiente evaluación de la hipótesis planteada a comienzos del elaborado presente trabajo, que ayuda a la determinación de si una planta es atacada por el Picudo del algodónero así mismo también no indica que la etapa en la que este se encuentra es decir si es un huevo del picudo, una larva del picudo, una pupa del picudo o por ultimo si es un adulto del picudo y las recomendaciones respectivas en cada etapa.

Tenemos que la hipótesis planteada es:

Hi: La lógica difusa permite comprobar que el Sistema Experto determine la etapa de la plaga del picudo con una confiabilidad del 90%.

Acorde con lo anterior se pudo identificar las variables las cuales son la variable independiente, la variable dependiente y por último está la variable interviniente, todas estas explicadas a continuación:

- **Variable Independiente:** El sistema experto para lo que es la determinación de la plaga del picudo.
- **Variable Dependiente:** La determinación de la plaga del picudo con una confiabilidad del 90%.
- **Variable Interviniente:** La lógica difusa.

4.1.1 CONTRASTE DE RACHAS DE WALD-WOLFOWITZ

Se supone una muestra cuya función de distribución es desconocida y sea que X la variable aleatoria asociada a esa muestra, la mencionada variable puede solo tomar dos

posibles valores para que ayude a modo de ejemplo, Niño(N) y adulto(A) así como éxito(A) y fracaso(B) y otros.

H₀ : La muestra es aleatoria.

H₁: La muestra no es aleatoria.

Como se conoce en general, se tiene una muestra de tamaño **n** en la cual surgieron **n₁** elementos que pertenecen al tipo A y **n₂** que son los elementos que pertenecen al tipo B, también que **n₁ + n₂ = n** resulta ser la variable aleatoria.

R: número total de rachas en la muestra.

En lo que es una muestra grande bajo la denominada hipótesis **H₀**, esto significa que para muestras aleatorias en la distribución de la probabilidad de R tiene tendencia a la normal a acorde que **n₁n₂** van haciéndose grandes.

La mencionada aproximación anteriormente es considerada buena puesto que si **n₁ > 10** y **n₂ > 10**, de resultando que:

$$R \rightarrow N(E[R], \sqrt{Var[R]})$$

Esperanza $E[R] = \frac{2 n_1 n_2}{n_1 + n_2} + 1$

Varianza $Var[R] = \frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}$

Así como para muestras grandes se confirma que:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}}$$

Entonces lo que se tiene para una muestra concreta para el valor estadístico de Z será:

$$Z_{exp} = \frac{R - \left(\frac{2 n_1 n_2}{n_1 + n_2} + 1 \right)}{\sqrt{\frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n)}{n^2 (n-1)}}} + 1$$

Donde R se refiere al número total de rachas que pueden ser observadas en la muestra.

La zona o región de aceptación para lo que es la hipótesis nula es:

$$- Z_{\alpha/2} < Z_{exp} < Z_{\alpha/2}$$

Para hallar el valor de $Z_{\alpha/2}$ se obtiene de la tabla de la $N(0,1)$, de tal forma que:

$$P\left(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}\right) = P\left(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}\right) = \frac{\alpha}{2}$$

4.1.2 DESARROLLO DE LA PRUEBA DE HIPOTESIS

Es necesario que para el desarrollo de la prueba de hipótesis mediante el contraste de las rachas de Wald-Wolfowitz se siguen los pasos de a continuación:

❖ **Paso 1: Planteamiento de la nula.**

H_0 : La Lógica difusa permite que el Sistema Experto pueda determinar la etapa del picudo del algodono con lo que es una confiabilidad del 90%.

❖ **Paso 2: Selección del nivel de confianza.**

El nivel de significancia o nivel de confianza que para esto se elige es de 90% es $\alpha = 0.05$ elegida de la conocida Tabla Normal.

❖ **Paso 3: La identificación del estadístico de prueba.**

Es necesario para este caso que se utilice la prueba de Wald-Wolfowitz o más conocida como prueba de rachas puesto que esta utiliza los signos de los residuos y sus variaciones respectivas de negativas y positivas o viceversa. También que una racha viene conformada por la sucesión de signos iguales.

❖ **Paso 4: Formulación de la regla de decisión.**

En la elaboración de la prueba se toman 12 muestras de determinación del picudo del algodnero, también que se tiene la comparación de la determinación entre el ingeniero agrónomo (especializado en algodón y en el estudio de picudo y otras plagas) y el sistema experto. Se tiene a continuación la exposición de los resultados en la comparación de los antes mencionados, Tabla 4.1

Tabla 4.1 Comparación de la determinación del especialista y el sistema experto.

Nro. Caso	Planta presenta perforaciones. Temperatura del Ambiente.	Determinación de Especialista	Determinación Sistema Experto SECONALG	Aceptación Por Rachas
1	Si 18°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+
2	Si 19°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+
3	Si 20°C	Huevo podría corresponder al Picudo	Huevo indeterminado	-
4	Si 21°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo podría corresponder al Picudo	-
5	Si 22°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+
6	Si 23°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+

7	Si 24°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+
8	Si 25°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo podría corresponder al Picudo	-
9	Si 26°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+
10	Si 27°C	Huevo podría corresponder al Picudo	Huevo indeterminado	-
11	Si 28°C	Huevo no corresponde al Picudo	Huevo no corresponde al Picudo	-
12	Si 29°C	Huevo corresponde al Picudo	Huevo corresponde al Picudo	+

Fuente: Elaboración Propia

Presentándose los resultados de a continuación:

(++)(--)(+++)(-)(+)(--)(+)

De donde se tiene que:

- ❖ (+) El símbolo representa casos en los que la determinación tiene coincidencia, este es proporcionado por el agricultor y el sistema experto SECONALG.
- ❖ (-) El símbolo representa casos en los que la determinación no tiene coincidencia, este es proporcionado por el agricultor y el sistema experto SECONALG.

Tomando una racha constituida por la sucesión de lo que son los mismos signos se observa lo siguiente:

Descripción	Valores
Total de Rachas expuestas. R_{exp}	$R_{exp} = 7$

Número total de observaciones. N	$N = 12$
Número de residuos positivos. n_1	$n_1 = 7$
Número de residuos negativo. n_2	$n_2 = 5$

Para calcular el valor de la Esperanza y la Varianza reemplazamos los anteriores valores en las respectivas ecuaciones:

Esperanza $E[R]$	$E[R] = \frac{2 n_1 n_2}{n_1 + n_2} + 1 = \frac{2 * 7 * 5}{7 + 5} + 1 = \frac{70}{12} + 1 = 6.83$
Varianza $Var[R]$	$Var[R] = \frac{2 n_1 n_2 (2 n_1 n_2 - n_1 - n_2)}{(n_1 + n_2)^2 (n_1 + n_2 - 1)}$ $= \frac{2 * 7 * 5 (2 * 7 * 5 - 7 - 5)}{(7 + 5)^2 (7 + 5 - 1)}$ $= \frac{4060}{1584} = 2.56$

❖ **Paso 5: Toma de decisión.**

Se puede realizar los cálculos para una muestra específica, en la que el valor estadístico Z_{exp} se reemplaza los datos de los cual se obtiene lo siguiente:

$$Z = \frac{R - E[R]}{\sqrt{Var[R]}} + 1 = \frac{7 - 6.83}{\sqrt{2.56}} + 1 = \frac{0.17}{1.6} + 1 = 1.106$$

En el cálculo de lo que es la región de aceptación de la hipótesis es menester hallar el valor de $Z_{\alpha/2}$ de la que se puede obtener de la tabla de la $N(0,1)$ para que se cumpla lo siguiente:

$$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$$

$P(Z_1 \leq -Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$ $1 - P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$ $P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = 1 - \frac{\alpha}{2}$ $P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = 1 - 0.025$ $P(Z_1 < Z_{\alpha/2}) = 0.975$	$P(Z_1 \geq Z_{\alpha/2}) = \frac{\alpha}{2}$
$Z_{\alpha/2} = 1.96$	$Z_{\alpha/2} = 1.96$

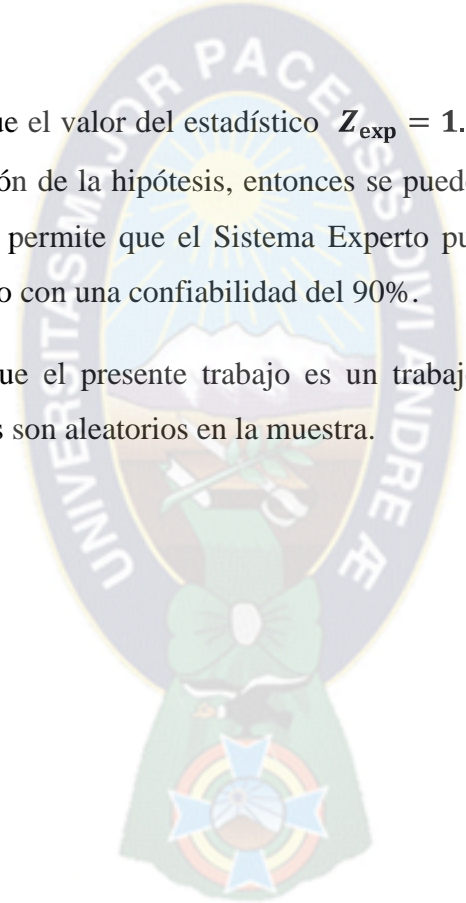
Así que como resultado de esto la región de aceptación para la hipótesis nula es la siguiente:

$$- Z_{\alpha/2} < Z_{\text{exp}} < Z_{\alpha/2}$$

$$- 1.96 < 1.106 < 1.96$$

Podemos observar que el valor del estadístico $Z_{\text{exp}} = 1.106$ está dentro de lo que es el intervalo de aceptación de la hipótesis, entonces se puede llegar a la afirmación de que H_1 : La lógica difusa permite que el Sistema Experto pueda determinar a la plaga del picudo del algodnero con una confiabilidad del 90%.

Lo anterior indica que el presente trabajo es un trabajo valido puesto que se puede apreciar que los datos son aleatorios en la muestra.



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES



4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- ✓ El uso de Sistemas Expertos es especialmente recomendado en situaciones cuando los expertos humanos en una determinada materia son escasos. En situaciones complejas, donde la subjetividad humana puede llevar a conclusiones erróneas. Cuando es muy elevado el volumen de datos.
- ✓ Actualmente el duro, difícil y cambiante mercado competitivo se vuelve más complejo por la gran diversidad de información que se ven obligados a almacenar y analizar, razón por la cual las empresas se ven en la necesidad de recurrir a poderosas y/o robustas o sistemas que les sirvan de soporte a la hora de tomar decisiones.
- ✓ Tratar de imitar el funcionamiento del cerebro humano a nivel computador lo cual implica construir una analogía de tipo físico del cerebro del hombre. Esto podría llamarse entonces enfoque físico, y como principal exponente de este rumbo encontramos a las redes neuronales.
- ✓ Tratar de lograr el conocimiento humano a través de la lógica, por lo que estaríamos en presencia de un enfoque lógico. En este enfoque de pensamiento encontramos a los sistemas expertos que intentan reproducir el razonamiento humano de forma simbólica.
- ✓ Al analizar cada una de las plagas y el daño económico que causas pudimos determinar que la plaga más dañina es el picudo del algodnero el cual está catalogada como la plaga principal en el cultivo del algodón.
- ✓ La determinación de la plaga del picudo es un proceso especial y complejo puesto que pueden existir alguna pequeña confusión en la etapa de huevo con otras especies existentes tales como el gusano rojo, pero que esta es solucionada

con las características propias que presenta la planta del algodón cuando hay una de estas es decir del huevo del picudo.

- ✓ Gracias a la prueba de la demostración de la prueba de hipótesis se puede concluir que el presente trabajo tiene un sistema experto que ayuda a la determinación y control del picudo del algodón, utiliza la lógica difusa y esta permite que se pueda brindar una confiabilidad del 90%.
- ✓ Para el desarrollo del sistema se utilizó indicadores actuales logrando de esta manera poder establecer condiciones ambientales utilizadas y definidas por los especialistas.
- ✓ Después de la investigación se pudo determinar los distintos factores que influyen en el proceso de determinación y control de plagas en el cultivo del algodón logrando de esta manera un resultado confiable.
- ✓ La lógica difusa es un paradigma de la inteligencia artificial que permite manejar de manera adecuada el lenguaje natural y ambiguo al momento de adquirir el conocimiento.

5.3 RECOMENDACIONES

- ✓ Al haber demostrado la confiabilidad del sistema, se recomienda la utilización del mismo por los profesionales del área.
- ✓ El Sistema Experto para la determinación y control de las plagas en el algodón sea considerado como entrada para posteriores sistemas de control de plagas que atacan este cultivo ya que hay mucho que realizar en el área de la entomología.

- ✓ Se recomienda el uso de lenguajes de programación diseñados para el desarrollo de sistemas experto (por ejemplo PROLOG, LISP, etc.) debido a que facilitara el desarrollo del sistema de una forma más rápida.

BIBLIOGRAFÍA

- ADEPA (Asociación Nacional de productores del algodón), Situación del Algodón en Bolivia 2012.
- BOOCH Grady, Rumbaugh Jame, Jacobson Ivar, El Lenguaje Unificado de Modelado, Addison Wesley, España 1999.
- CHATAIN Jean, Noel. Dussauchev Alain. Sistemas Expertos, métodos y herramientas, Paraninfo, Madrid, España 1996.
- CAO (Cámara agropecuaria del Oriente). Datos Estadísticos de la Producción Agrícola, Santa Cruz Bolivia, 2000.
- CALLEJAS MAMANI JHEYMI HELEN, Sistema experto para el diagnostico y tratamiento del síndrome de tourette basada en lógica difusa, Universidad San Andrés, 2013, Facultad de Ciencias Puras y Naturales.
- CANDIA DANIEL, Producción del Algodón en Bolivia, Santa Cruz Bolivia 2010.
- CARVAJAL Cinthia, Sistema Experto con características difusas para la identificación y diagnostico de plagas en el cultivo de la papa Año 1999.

- CODEPAG, Guía practica para capacitación en prevención y erradicación del picudo mexicano.(AnthonomusGrandisBoh), Primera Edición Santa Cruz Bolivia, 2001.
- ESCOBAT JOVE, Sistema experto para el diagnostico y tratamiento de la cistitis basado en lógica difusa, Universidad San Andrés, 2015, Facultad de Ciencias Puras y Naturales.
- GARCIA MARTINEZ, R. / BRITOS, P. V. 2004. Primera ed. Ingeniería de Sistemas Expertos. Nueva Librería S.R.L..
- GIARRATANO, J. 2001 (Tercera ed.). Sistemas Expertos Principios y programación. International Thomson editores.
- HERNANDEZ S. R. FERNANDEZ, C. C. / BAPTISTA, L. P. 2010 (Quinta ed.) Metodología de la Investigación. McGRAW HILL.
- LAGIERI Robert, Muestreo y control de plagas del algodón, Santa Cruz 200.
- MELLISH C. S. Clocksin W.F. , Programación en Prolog, Gustavo gili S.A., Barcelona 1987.
- NEBENDAHL, Dieterr, 1988 Introducción a la técnica y aplicación de los Sistemas Expertos, Barcelona: Siemens Aktiengesellschaft / Marcombo, S.A.
- NEBENDAHL, Dieterr, España 1991. Sistemas Expertos parte 2 Experiencia de la práctica. Barcelona: Siemens Aktiengesellschaft / Marcombo, S.A.

- NINA. H. K. 2009, Sistema Experto par el Diagnostico de la Depresion, La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Ciencias Puras y Naturales.
- PEÑARANDA MACIAS JJONATHAN OMAR, Sistema Experto de diagnostico y tratamiento fisioterapéutico de trastornos de postura corporal, 2013, Universidad San Andrés, 2013, Facultad de Ciencias Puras y Naturales.
- RAMIREZ, Luis Eduardo, Aplicando UML, Librerías Latinas, 2009.
- RAMOS CODORI LALURA FABIOLA. Sistema Experto para el diagnostico de Huntington juvenil en memores de 21 años, Universidad San Andrés, 2013, Facultad de Ciencias Puras y Naturales.
- ROLSTON David W. Principios de inteligencia artificial y sistemas experto, Mc Graw Hill Latinoamericana S.A. Bogotá-Colombia 1990.
- ROMERO Loza José, Algodón en Bolivia. Editorial Veloz. Santa Cruz- Bolivia 2000.

BIBLIOGRAFIA DE ESPECIALISTAS

- Ing. Roberto Zaenz Valdivieso, Licenciado en Agronomía docente de Entomología.
- Ing. Hugo Morero Reyes, Coordinador Nacional del CODEPAG.
- Ing. Grover Balboa, Licenciado en agronomía, Investigador en el Área de Plagas del Algodonero.

INTERNET

PROGRAMACION EN PROLOG

- ✓ www.programacion.com/tutorial.prolog1.4.html
- ✓ www.programacion.com/tutorial.prolog1.1.html
- ✓ www.programacion.com/tutorial.prolog1.3.html
- ✓ www.programacion.com/tutorial.prolog1.2.html
- ✓ www.programacion.com/tutorial.prolog1.1.html
- ✓ www.programacion.com/tutorial.prolog1.6.html

Sistemas Expertos

- ✓ [www.dcc.uchile.cl/DDC/docencia/prog CC52-sistemasExpertos.html](http://www.dcc.uchile.cl/DDC/docencia/prog%20CC52-sistemasExpertos.html).
- ✓ www.techtutoriales/Miscellaneous

Información plagas

- ✓ www.nysaes.cornell.edu/recommend
- ✓ www.plnateinfo.dk/login.asp
- ✓ www.infoagro.com
- ✓ www.adcon.com

- Amo, F. A., & Normand, L. M. (2005). *Introducción a la ingeniería del software*. Delta Publicaciones, 2005.
- Chang, K.-T. (2010). *Introduction to Geographic Information Systems*. McGraw-Hill.
- Duclos, .. C. (2010). *Product Formuns Google*. Obtenido de *Product Formuns Google*: <http://productforums.google.com/forum/#!topic/maps-es/S0wHzdsSij0>.
- Fernández, G. (2002). *Introducción a Extreme Programming*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2013, de <http://www.um.edu.ar/>
- Gutiérrez, .. J. (2000). *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Puebla: Síntesis.
- Laurent Debrauwer, F. V. (2009). *UML 2 Iniciación, ejemplos y ejercicios corregidos*. Ediciones ENI, 2009.
- Lopez, C. P. (2000). *Técnicas de Muestreo Estadístico*. Mexico: Alfaomega Grupo, Editor, S.A de C.V.
- Mancha, U. d. (Octubre de 2013). *rabajo-XP.pdf*. Obtenido de <http://www.info-ab.uclm.es/asignaturas/42551/trabajosAnteriores/Trabajo-XP.pdf>
- Murphy, C., & Yates, J. (2009). *The International Organization for Standardization (ISO): global governance through voluntary consensus*. Taylor & Francis, 2009.
- Paredes, J. (8 de Febrero de 2013). En Bolivia, 320 mil personas usan internet banda ancha. *La Razón*.
- Pratt, M. (2013). *La Formula de Haversine*.
- Pressman, R. S. (2008). *Ingeniería de Software. Sexta edición*. Mc Graw Hil.

Salkind, N. J. (1998). *Métodos de investigación*. Pearson Educación, 1998.

Sampieri, R. H. (1998). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.

Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del software*. Pearson Educación, 2005.

Spataru. (2010). *Agile Development Methods for Mobile Applications*.

Tanja. (2012). *Agile Documentation in Mobile-D*.





ANEXOS

ANEXO A

TABLA DE DISTRIBUCIÓN NORMAL

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7703	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545
1,7	0,9554	0,9561	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9901	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952
2,6	0,9953	0,9954	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974

Tabla: Tabla de distribución normal

Fuente: <http://www.vadenumeros.es/>

ANEXO B

PRUEBA DE HIPÓTESIS PARA PROPORCIONES

En el campo de la estadística, para comprobar la validez de una afirmación de carácter cuantitativo, se realiza un proceso de prueba de hipótesis estadística.

Frecuentemente se desea estimar la proporción de elementos que tienen una característica determinada, en tal caso, las observaciones son de naturaleza cualitativa. Cuando se analiza información cualitativa y se está interesado en verificar un supuesto acerca de la proporción poblacional de elementos que tienen determinada característica, es útil trabajar con la prueba de hipótesis para la proporción.

En este caso la prueba de hipótesis para una proporción define que una hipótesis es una afirmación, que puede ser de dos tipos:

- Hipótesis nula; denotada por H_0 , es la afirmación a priori que se pretende demostrar luego de haberse realizado el estudio.
- Hipótesis alterna; denotada por H_1 , es el opuesto de la hipótesis nula, por lo que representa que la afirmación hecha a priori no pudo ser demostrada.

Ambas hipótesis son afirmaciones totalmente opuestas. Una prueba de hipótesis consiste en determinar cual de las dos afirmaciones es correcta, por ello se realiza para decidir si la hipótesis H_0 es correcta, caso contrario, se acepta H_1 .

MÉTODOS

Podemos usar cualquiera de los siguientes:

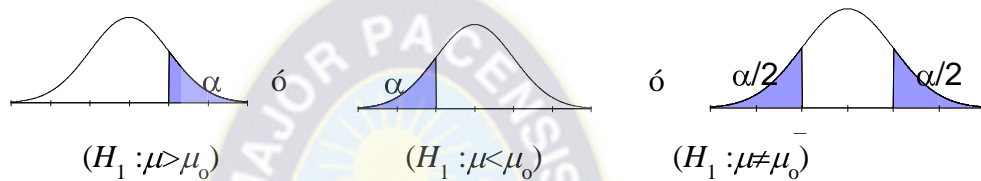
1. Método de la región de rechazo (Método 1) ó
2. Método del valor P (Método 2)

A. MÉTODO DE LA REGIÓN DE RECHAZO (MÉTODO 1)

Digamos que p_0 es la proporción aceptada o reclamada.

Paso 1 Establezca las hipótesis. $H_0 : p = p_0$
 $H_1 : p > p_0$ ó
 $p < p_0$ ó
 $p \neq p_0$

Paso 2 Use el nivel de significancia (α) y dibuje la región de rechazo en la curva normal estándar (curva z).



Paso 3 Calcule el valor z para la proporción muestral $\left(\bar{p} = \frac{x}{n}\right)$ usando la fórmula

$$Z = \frac{\bar{p} - p_0}{\sigma_p}, \quad \sigma_p = \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$$

Paso 4 Dibuje este valor de z en el diagrama de la región de rechazo (Paso 2).

Paso 5 Si el valor z cae dentro de la región de rechazo (sombreada), entonces rechace H_0 . Si cae fuera de la región sombreada, entonces no rechace H_0 .

Paso 6 Escriba la conclusión de la prueba.

B. MÉTODO DEL VALOR P (MÉTODO 2)

Dejemos que p_0 sea la proporción aceptada o reclamada.

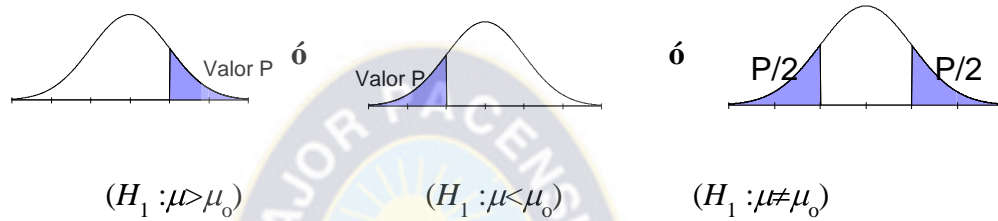
Paso 1 Establezca las hipótesis: $H_0 : p = p_0$
 $H_1 : p > p_0$ ó
 $p < p_0$ ó
 $p \neq p_0$

Paso 2 Calcule el valor z para la proporción muestral $\left(\bar{p} = \frac{x}{n}\right)$ usando la

fórmula:

$$Z = \frac{\bar{p} - p_0}{\sigma_p}, \text{ donde } \sigma_p = \sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}.$$

Paso 3 Usando la hipótesis alterna dibuja la región bajo la curva z que representa los valores extremos.



Paso 4 El valor P = al área de la cola sombreada (s) en el Paso 3.

Paso 5 Si el valor $P < \alpha$, entonces rechaza H_0
Si el valor $P \geq \alpha$, entonces no rechaces H_0 .

Paso 6 Escribe la conclusión de la prueba.



DOCUMENTACIÓN