

# TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

“ACERCAMIENTO DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES EN PEQUEÑAS ESPECIES  
BASADO EN ANÁLISIS CLÍNICOS UTILIZANDO MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS”

## TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

PRESENTA:

**LIC. GUADALUPE MAYA VÁZQUEZ**

DIRECTOR:

Dr. Edmundo Bonilla Huerta

CO-DIRECTOR:

Dr. José Federico Ramírez Cruz



"Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos"

Apizaco, Tlax., 26 de Junio de 2017

ASUNTO: **Aprobación del trabajo de Tesis de Maestría.**

**DR. JOSÉ FEDERICO CASCO VÁSQUEZ**  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE  
POSGRADO E INVESTIGACIÓN,  
P R E S E N T E.

Por este medio se le informa a usted, que los integrantes de la **Comisión Revisora** para el trabajo de tesis de maestría que presenta la **LIC. GUADALUPE MAYA VAZQUEZ**, con número de control **M99370372**, candidata al grado de **Maestra en Sistemas Computacionales** y egresada del **Instituto Tecnológico de Apizaco**, cuyo tema es **"ACERCAMIENTO DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES EN PEQUEÑAS ESPECIES BASADO EN ANÁLISIS CLÍNICOS UTILIZANDO MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS"**, fue:

**APROBADO**

Lo anterior, al valorar el trabajo profesional presentado por la candidata y constatar que las observaciones que con anterioridad se le marcaron así como correcciones sugeridas para su mejora ya han sido realizadas.

Por lo que se avala se continúe con los trámites pertinentes para su titulación.

Sin otro particular por el momento, le envié un cordial saludo.

LA COMISION REVISORA

  
DR. EDMUNDO BONILLA HUERTA

  
DR. JOSÉ FEDERICO RAMÍREZ CRUZ

  
DR. JOSÉ CRISPIN HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

  
M.D.S. HIGINIO NAVA BAUTISTA

C. p.- Interesado.

---

# Agradecimientos

A Dios por haberme dado fortaleza para enfrentar todos los obstáculos y no dejarme sola en ningún momento.

Al Dr. Edmundo Bonilla Huerta por ser mi guía, por brindarme la oportunidad de trabajar con él y por ayudarme a cumplir metas que había dejado para después.

A mi esposo, por cada momento de apoyo, porque a pesar de los altibajos siempre estuvo ahí para sostener mi mano y no dejarme caer, por ser mi amigo, mi inspiración y sobre todo por enseñarme con su ejemplo a ser mejor cada día.

A mi mamá por los momentos de angustias que pasaste junto a mi, por ser mi fortaleza y el pilar de mi vida.

A mis amigos y compañeros de estudio Laura, Lorena y Lauro, agradezco a cada uno de ustedes por el apoyo, por la convivencia y por los momentos divertidos; en especial a Laura Reyes por sus consejos y porque a pesar de que muchos esperaban vernos fracasar, hoy hemos culminado nuestros estudios.

Y especialmente a ti hija, porque a tu corta edad tuviste que soportar a una madre ausente, porque en muchos momentos te hice falta y tuve como prioridad mis proyectos personales. Te amo y espero ser ejemplo e inspiración a seguir en tu vida.

---

# Resumen

Hoy en día existe gran auge en la demanda de servicios veterinarios más específicos, especializados y con la exigencia tecnológica tal como equipos de laboratorio clínico, ultrasonidos, doppler, rayos X o software para la administración clínica, con el objetivo de brindar un mejor servicio y asistencia médica rápida a los problemas de la salud animal.

El diagnóstico es la tarea primordial del veterinario ya que es la base para establecer un tratamiento adecuado, el procedimiento para llevarlo a cabo implica la recopilación de datos clínicos, el intelecto y la experiencia.

Por exigencia de los veterinarios para mejorar la interpretación de análisis de laboratorio y la valoración clínica, surge la necesidad de implementar un sistema informático que pueda proveer de asistencia en los juicios clínicos, particularmente por la poca experiencia médica al leer exámenes de laboratorio. Los mapas cognitivos difusos (MCDs) son una técnica de computación que permiten el modelado de sistemas complejos con múltiples variables difusas y pueden representar con éxito el razonamiento y la experiencia humana. Este trabajo presenta un sistema de decisión médica, basado en la jerarquía de mapas cognitivos difusos (JMCDs) para modelar las relaciones causales existentes entre los elementos del diagnóstico (conceptos). El sistema se descompone en subsistemas, elementos y factores relacionados que influyen en el diagnóstico. Un MCD se utiliza para modelar cada subsistema y el sistema más complejo es conformado con MCDs que interactúan.

---

# Abstract

Nowaday there is a great great rise in the demand of more specific, specialized veterinary services and whit the technological requeriments such as clinical laboratory equipment, ultrasound, doplex, x-ray or software for clinical administration, With the objective of providing better service and rapid medical assistance to animal health problems.

Diagnosis is the essential task of the veterinarian since it is the basis for establishing a appropriate treatment, the procedure to carry through, involves the collection of clinical data, intellect and experience. Due to the requirement of the veterinarian to improve the interpretation of laboratory analysis and clinical assessment, arises the need to implement a computer system that can provide assistance in clinical judgement, particularly because of the limited medical experience. The fuzzy cognitive maps(FCMs) are a computational technique that allows the modeling of complex systems with multiple fuzzy variables and can successfully present the human reasoning and experience. This work present a medical decision system based on the hierarchy of fuzzy cognitive maps (HFCMs) for model the causal relationships between the elements of diagnosis (concepts), the system decomposes in subsystems, elements and factors that influencing in the diagnosis. An FCM is used to model each subsystem and the most complex system is conformed with interacting MCDs.

# Índice general

Índice de figuras	VIII
Índice de tablas	x
Índice de ecuaciones	xi
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción . . . . .	1
1.2 Descripción del problema . . . . .	3
1.3 Justificación . . . . .	3
1.4 Objetivos . . . . .	4
1.4.1 Generales . . . . .	4
1.4.2 Específicos . . . . .	4
1.5 Pregunta de investigación . . . . .	4
1.6 Descripción del contenido del documento . . . . .	5
1.7 Análisis del estado del arte . . . . .	5
<b>2 Marco Teórico</b>	<b>11</b>
2.1 Análisis clínicos y exploración clínica . . . . .	11
2.1.1 Exploración clínica . . . . .	11
2.1.2 Análisis clínicos . . . . .	16
2.2 El diagnóstico médico . . . . .	26
2.3 Lógica Difusa . . . . .	27
2.3.1 Conjuntos difusos . . . . .	27
2.3.2 Funciones de membresía . . . . .	28
2.3.3 Variables lingüísticas . . . . .	32

---

2.3.4	Reglas difusas . . . . .	33
2.3.5	Sistema de inferencia difuso . . . . .	35
2.4	Mapas cognitivos difusos . . . . .	37
2.5	Tipos de mapas cognitivos difusos . . . . .	40
2.5.1	Mapas cognitivos difusos simples . . . . .	40
2.5.2	Mapas cognitivos difusos aumentados . . . . .	41
2.5.3	Mapas cognitivos difusos anidados . . . . .	44
2.6	Metodologías y modelos de mapas cognitivos difusos . . . . .	44
2.6.1	Mapas Cognitivos Difusos Basados en Reglas . . . . .	44
2.6.2	Redes Cognitivas Dinámicas . . . . .	45
2.6.3	Mapas Cognitivos Difusos Grises . . . . .	45
2.6.4	Mapas Cognitivos Difusos Intuicionistas . . . . .	46
2.6.5	Mapas Cognitivos Difusos Dinámicos Aleatorios . . . . .	46
2.6.6	Redes Cognitivas Difusas . . . . .	46
2.6.7	Mapas Cognitivos Difusos Evolutivos . . . . .	47
2.6.8	Mapas Cognitivos Difusos de Tiempo . . . . .	47
<b>3</b>	<b>Metodología</b>	<b>48</b>
3.1	Modelo propuesto . . . . .	48
3.1.1	Realizar la preparación previa . . . . .	49
3.1.2	Definir síntomas, signos y enfermedades . . . . .	50
3.1.3	Determinar las relaciones existentes . . . . .	54
3.2	Algoritmo de implicación difusa . . . . .	56
3.3	Diseño de la interfaz . . . . .	56
<b>4</b>	<b>Pruebas y Resultados</b>	<b>62</b>
4.1	Pruebas . . . . .	62
4.1.1	Etapas de aprendizaje . . . . .	64
4.1.2	Etapas de funcionamiento . . . . .	66
4.2	Resultados . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Conclusión y trabajos futuros</b>	<b>79</b>
5.1	Trabajos Futuros . . . . .	80



Bibliografía	82
A Glosario de términos	87
B Estancia	90
C Publicaciones	93

---

# Índice de figuras

2.1	Proceso examen clínico general . . . . .	12
2.2	Términos de la función de membresía . . . . .	28
2.3	Función de membresía triangular . . . . .	29
2.4	Función de membresía trapezoidal . . . . .	30
2.5	Función de membresía gausseana . . . . .	31
2.6	Función de membresía campana generalizada . . . . .	32
2.7	Esquema de un sistema basado en lógica difusa . . . . .	35
2.8	Métodos de defuzzificación tipo Mandani . . . . .	36
2.9	MCD simple y su matriz de adyacencia. . . . .	39
2.10	Mapa cognitivo simple. . . . .	41
2.11	Mapas cognitivos con su respectiva matriz de adyacencia. . . . .	42
2.12	Adición de mapas cognitivos . . . . .	43
2.13	Adición de tres matrices de adyacencia . . . . .	43
3.1	Fases del modelo propuesto . . . . .	49
3.2	Esquema Mapa Cognitivo Difuso del Eritograma . . . . .	54
3.3	Esquema Mapa Cognitivo Difuso del Leucograma . . . . .	55
3.4	Diseño del diagrama entidad-relación de la base de datos . . . . .	58
3.5	Modelo relacional de la base de datos. . . . .	59
3.6	Prototipo alta del paciente. . . . .	60
3.7	Prototipo modificación, baja y consulta del paciente. . . . .	61
4.1	Conjunto difuso eritrocitos. . . . .	63
4.2	Matriz de adyacencia del Eritograma . . . . .	65
4.3	Matriz de adyacencia del Leucograma . . . . .	66
4.4	Multiplicación del vector de entrada con la matriz de adyacencia . . . . .	67

---

4.5	Hemograma emitido por el experto(Químico) . . . . .	70
4.6	Gráfico comparativo(experto) . . . . .	71
4.7	Eritograma emitido por el experto (Libro). . . . .	71
4.8	Gráfico comparativo (Libro). . . . .	72
4.9	Jerarquía de mapas cognitivos difusos . . . . .	73
4.10	Función de membresía (representa la influencia que tiene un nodo sobre otro). . . . .	75
B.1	Carta de aceptación en la estancia de investigación . . . . .	90
B.2	Carta de liberación en la estancia de investigación . . . . .	91
B.3	Carta de satisfacción en la estancia de investigación . . . . .	92
C.1	Índice de la publicación en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2017. . . . .	93
C.2	Publicación en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2017, ISSN 1946-5351,vol. 9, No.3, pp 1903-1908 . . . . .	94
C.3	Certificado del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2017 . . . . .	95
C.4	Aceptación del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad Tuxpan 2017 . . . . .	96

---

# Índice de tablas

2.1	Datos de la exploración física y anamnesis. . . . .	15
2.2	Valores de referencia del Hemograma. . . . .	17
2.3	Frotis sanguíneo. . . . .	20
2.4	Valores de referencia Uroanálisis. . . . .	23
2.5	Pigmentos de la orina. . . . .	24
2.6	Claridad de la orina. . . . .	25
3.1	Conceptos MCD1 Hemograma serie roja o Eritograma. . . . .	51
3.2	Conceptos MCD2 Hemograma serie blanca o Leucograma . . . . .	52
3.3	Conceptos de la Exploración Física y Anamnesis. . . . .	53
3.4	Conceptos del Uroanálisis. . . . .	53
4.1	Vectores de salida del Eritograma. . . . .	68
4.2	Vectores de salida del Leucograma. . . . .	69
4.3	Variable lingüística influencia. . . . .	74
4.4	Enfermedades. . . . .	76

---

# Índice de ecuaciones

2.1	Ecuación para definir un conjunto difuso . . . . .	27
2.2	Ecuación de la función característica . . . . .	28
2.3	Ecuación de la función triangular . . . . .	29
2.4	Ecuación de la función trapezoidal . . . . .	30
2.5	Ecuación de la función gausseana . . . . .	31
2.6	Ecuación de la función campana generalizada . . . . .	31
2.7	Componentes de la variable lingüística . . . . .	32
2.8	Definición de conjunto difuso . . . . .	33
2.9	Expresión de una regla difusa . . . . .	34
2.10	Antecedente y consecuente de una regla difusa. . . . .	34
2.11	Regla difusa representada por una relación 1 . . . . .	34
2.12	Regla difusa representada por una relación 2 . . . . .	34
2.13	Ecuación sistema Larsen . . . . .	37
2.14	Ecuación dos reglas de salida difusas, sistema Sugeno . . . . .	37
2.15	Ecuación dos reglas de entrada difusas, sistema Sugeno . . . . .	37
2.16	Ecuación inferencia simple de un MCD . . . . .	40
2.17	Ecuación función de activación de un MCD . . . . .	40
2.18	Ecuación Mapas Cognitivos Difusos aumentados. . . . .	41
2.19	Ecuación Mapas Cognitivos Difusos anidados . . . . .	44
4.1	Función de umbral MCD . . . . .	68
4.2	Ecuación criterio de evaluación de un MCD . . . . .	76

---

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Introducción

La Medicina veterinaria como la humana tienen como objetivo primordial el cuidado de la salud, pero la primera se ocupa de la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, trastornos, lesiones en los animales [46] y de la salud pública, es decir de enfermedades transmisibles o zoonosis propiamente dichas, lo que significa que se transmiten de los animales vertebrados al hombre [38]. El Diagnóstico médico es una de las tareas fundamentales de los veterinarios y es un medio indispensable para establecer un tratamiento adecuado, con el fin de alcanzar este objetivo el veterinario recopila y aplica los datos clínicos, se apoya de la teoría científica y utiliza el conocimiento y la experiencia [36], para poder recomendar un tratamiento específico, proporcionar un pronóstico acertado y hacer las recomendaciones necesarias para que el control y tratamiento de la enfermedad sean óptimos. Un MVZ (médico veterinario zootecnista) debe precisar un diagnóstico diferencial más exacto, es decir distinguir entre una enfermedad y otra que presentan signos y síntomas similares [3]. El desarrollo de listado de diagnósticos diferenciales comienza cuando el clínico hace la anamnesis<sup>1</sup> y la exploración clínica. La probabilidad de que determinadas enfermedades estén presentes o ausentes pueden ir cambiando a medida que aparezca más información [36].

---

<sup>1</sup>Conjunto de datos que se recolecta de la historia clínica de un paciente con un objetivo diagnóstico.

En la actualidad existen una amplia variedad de pruebas de laboratorio, la razón más importante y habitual para hacerlas es el establecimiento del diagnóstico. Una prueba ayuda a identificar, confirmar, documentar o excluir una enfermedad [36]. Las pruebas o análisis de laboratorio son una herramienta poderosa, para complementar la evaluación clínica de los animales, el diagnóstico de patologías es de gran utilidad, por ejemplo en las áreas de hematología, química sanguínea, uroanálisis, tiene gran importancia porque ofrecen información complementaria al MVZ para dar un diagnóstico más preciso que conduzca al tratamiento específico, es decir, al tratamiento de la causa determinante de la enfermedad, en lugar de un tratamiento exclusivamente de los síntomas de dicha enfermedad. Como se sabe los exámenes de laboratorio son utilizados rutinariamente, ya que pueden evidenciar alteraciones fisiológicas que presentan los animales. Los exámenes hematológicos están entre los más demandados, prácticos y económicos, junto con la química sanguínea y el uroanálisis, forman un tercio efectivo para confirmar el diagnóstico.

Se observó que en la práctica diaria de la clínica de pequeños animales (perros), la necesidad de una herramienta informática que de manera acertada, permita al médico analizar correctamente los resultados obtenidos en los exámenes de laboratorio y sus posibles diagnósticos diferenciales.

Este trabajo centra su atención en el diagnóstico veterinario, basándose en análisis clínicos como el hemograma y el análisis de orina, tomando en cuenta parámetros muy importantes que son la anamnesis, la exploración física, síntomas y datos adicionales como edad, raza y sexo que son cruciales para modelar un sistema médico experto para la emisión de un diagnóstico presuntivo.

Desarrollar una aplicación de diagnóstico médico es un trabajo complejo, porque requiere de una ardua investigación en métodos avanzados para el modelado del conocimiento, directrices y enfoque del veterinario. El presente trabajo está enfocado en la técnica de mapas cognitivos difusos (MCD's) porque es posible modelar el mundo real, es decir, de la misma forma como lo perciben los humanos. El sistema se diseño con el fin de ayudar al veterinario a evaluar el estado del paciente, utilizando un modelo basado en de mapas cognitivos difusos ya que son fáciles de interpretar y muestran claramente las relaciones entre los diferentes conceptos, son relativamente fáciles de modificar, agregar y eliminar conceptos cuando sea necesario y porque

presentan la asociación causal de la enfermedad, que es crucial para el apoyo en la decisión médica y en el proceso diagnóstico de enfermedades más comunes en perros.

## 1.2. Descripción del problema

La interpretación de análisis clínicos ha sido causa de varias disyuntivas médicas, porque en muchas ocasiones los resultados del laboratorio pueden ser iguales, pero pueden generar diferentes diagnósticos, si bien los cuadros clínicos son similares o muy parecidos la enfermedad puede ser totalmente diferente.

En medicina veterinaria es de gran importancia la interpretación de análisis clínicos, para la formulación de un diagnóstico médico acertado, se observó en la práctica de la clínica veterinaria, la necesidad de un sistema informático, que pueda proveer de asistencia en los juicios clínicos, particularmente por la poca experiencia de profesionales de la salud al leer o interpretar un análisis de laboratorio. El médico deberá aportar su máxima pericia clínica posible, para definir la problemática, buscar y ejecutar las mejores soluciones posibles, por este motivo se propone un sistema que pueda generar diagnósticos diferenciales, claro que el sistema no pretende reemplazar al médico, ni a su pericia médica, si no, ser una herramienta que en conjunto con su experiencia, ejecuten las mejores soluciones posibles que lleven a un buen diagnóstico y posible tratamiento.

## 1.3. Justificación

Los análisis de laboratorio son importantes para la emisión del diagnóstico, pero no son suficientes para determinar el origen de la enfermedad. El método ideal para el abordaje clínico debe ser aquel que considere en su conjunto la historia clínica, hallazgos clínicos, y alteraciones laboratoriales, para generar hipótesis más específicas es decir agrupar los signos válidos y descarta los inválidos, para elegir los síntomas predominantes de la enfermedad [21].

El veterinario en la práctica se encuentra con diferentes casos médicos, que son complicados por la similitud entre ellos. Para no cometer errores de juicio, omisión o dar un diagnóstico temprano, debe de valerse de herramientas bibliográficas, que en



conjunto con su experiencia médica le ayuden a la mejor valoración de la enfermedad. Por tal motivo es evidente la necesidad de un sistema informático para poder llevar a cabo un acercamiento diagnóstico más específico a tiempo que ayude al médico a dar un diagnóstico definitivo para un tratamiento eficaz de la enfermedad.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Generales

El interés al realizar esta investigación es apoyar a los médicos veterinarios zootecnistas en el diagnóstico oportuno y veraz de enfermedades en perros; mediante la información que se obtiene de los análisis de laboratorio, además de tomar en cuenta las especificaciones de la especie como: raza, edad, sexo, datos de la historia clínica y la anamnesis médica, mediante estos datos se desea implementar un sistema informático que ayude al diagnóstico de pequeñas especies y su posible tratamiento.

### 1.4.2. Específicos

- Emplear los datos de pruebas de laboratorio básicas como el hemograma y el uroanálisis que son las más demandadas por los médicos por ser de bajo costo.
- Utilizar los valores que genera la exploración física, ya que aportan datos relevantes al momento de dar un diagnóstico.
- Auxiliar en la toma de decisiones al MVZ, una vez que se ingresen los datos al sistema, emitirá un diagnóstico de acuerdo al cuadro clínico presentado.
- Diseñar un manual del usuario de fácil entendimiento que indique todos los pasos para el uso del programa.

## 1.5. Pregunta de investigación

¿ Es posible implementar un sistema diagnóstico, en base a la información obtenida de un examen de laboratorio, mediante la utilización de mapas cognitivos difusos que sea una útil para el Médico Veterinario Zootecnista?

## **1.6. Descripción del contenido del documento**

El presente documento está conformado por cinco capítulos, para adentrarse en esta investigación a continuación se describe cada uno de los capítulos que lo integran.

- Capítulo 1. Presenta una descripción general de la problemática al que se enfrenta un MVZ al emitir un diagnóstico, así como la justificación y objetivos a los que se desea llegar, finalmente se muestran los trabajos relacionados que dan solución a problemas similares.
- Capítulo 2. Se describen los aspectos relacionados con el marco teórico, se da a conocer información referente a el diagnóstico médico, análisis clínicos, exploración clínica y las técnicas que serán aplicadas en el desarrollo del modelo del sistema como lógica difusa, mapas cognitivos difusos y sistemas médicos utilizando jerarquía de mapas cognitivos difusos.
- Capítulo 3. Detalla la metodología y los procesos a emplear para la obtención de diagnósticos presuntivos.
- Capítulo 4. Se presentan los resultados obtenidos aplicando la metodología propuesta.
- Capítulo 5. Se muestran las conclusiones obtenidas de acuerdo a los resultados alcanzados durante el desarrollo del proyecto.

## **1.7. Análisis del estado del arte**

En la actualidad es indudable el uso de tecnologías informáticas en el campo de la medicina, ya que se ha logrado un gran avance en crear sistemas que ayuden a los médicos veterinarios en el monitoreo de signos vitales, operaciones especializadas, el uso de multimedia en hospitales y escuelas, el diagnóstico médico, la administración de la clínica, entre otros.

Las cinco primeras investigaciones que se describen en este documento hablan sobre distintas técnicas de computación inteligente para el diagnóstico veterinario,

posteriormente se describen investigaciones sobre el diagnóstico médico-experto utilizando Mapas Cognitivos Difusos.

**Gorzalczany y Deutsch(2010)** proponen el desarrollo de una red neuronal difusa aplicada al diagnóstico médico, esta investigación propone una técnica que utiliza conjuntos difusos y redes neuronales, para la construcción de un sistema experto que diagnostica enfermedades hepáticas caninas. La construcción del sistema experto utiliza principalmente los datos de laboratorios y reglas verbales formuladas por un experto humano. La estructura del sistema está conformada en términos de entradas y salidas. Las entradas se delinean mediante reglas lingüísticas difusas, que representan los conocimientos de un experto humano, el desarrollo de un esquema de red neuronal difusa realiza el proceso de aprendizaje y construye una representación formal de la disposición cualitativa y cuantitativa del conocimiento médico, la salida es un conjunto de enfermedades potenciales para el mejor diagnóstico [37].

**Mejía et. al.(2011)** crearon un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades infecciosas del ganado vacuno. En esta investigación se desarrolló un sistema inteligente que reduce el tiempo de diagnóstico para la atención adecuada en el ganado vacuno.

En este sistema inteligente se establecen tres capas de neuronas, la primera capa (capa de entrada) permite clasificar los síntomas, signos, lesiones y antecedentes del ganado vacuno dentro de los patrones de cuadros clínicos de la infección, la tercera capa (capa de salida) se estableció de acuerdo a la cantidad de cuadros infecciosos que existen en el diagnóstico, que se obtuvieron durante la etapa de ingeniería del conocimientos. La topología de red que permite realizar la clasificación es el Perceptrón multicapa el sistema sirve para detectar un diagnóstico mediante la exploración física, es solo para ganado y no utiliza análisis clínicos[23].

**Mahdi et. al.(2011)** plantean el desarrollo de un sistema experto difuso para diagnosticar enfermedades con signos neurológicos en animales domésticos, utiliza un modelo adaptativo para el diagnóstico acertado de enfermedades en bovinos, el sistema cuenta con cuatro parámetros de entrada: temperatura, secreción sali-

val, ceguera y reacciones a agentes ambientales. Todas las funciones de membresía son triangulares, cuenta con una base de reglas Si-Entonces, la salida del sistema cuenta con ser 13 tipos de enfermedades, pero el sistema identifica cuales tienen un diagnóstico más acertado para determinar la gravedad de cada enfermedad. Utiliza el máximo-producto, el fuzzificador Singleton, el defuzzificador del centro de gravedad y la multiplicación algebraica de T-Norms y máximo de S-Norms [33].

**Zetian et.al.(2005)** presentan un sistema experto basado en la web para el diagnóstico de enfermedades porcinas (Pig-vet), el proceso de diagnóstico de enfermedades del cerdo combina herramientas físicas, químicas y biológicas, para dar lugar a una correcta evaluación y la mejor recomendación para el tratamiento.

Este sistema toma en cuenta datos importantes del paciente como la edad, raza, sexo, los cambios en el comportamiento, el proceso de inspección, los análisis de laboratorio, pruebas microscópicas y sobre todo el conocimiento de expertos en la industria porcina, el sistema cuenta con más de 300 reglas y 202 imágenes y gráficos para los diferentes enfermedades y síntomas. Se puede diagnosticar 54 tipos de enfermedades comunes en cerdos. Dispone de un banco de conocimientos y base de datos de los experimentos reales y experiencias de muchos expertos y agricultores que se han acumulado durante muchos años y se han integrado con éxito al sistema.

Es una interfaz basada en la web abierta, los usuarios pueden tener acceso al sistema a través de cualquier navegador comercial, sin instalar otro software en su equipo, esta interfaz puede recopilar datos de los expertos y acceder en línea al sistema. Una vez que el experto o agricultor ha actualizado la base de datos una KE es responsable de verificar la información y actualizar la base de datos y la base de reglas.

La base de datos está diseñada en su mayoría con MS SQL Server 2000. La mayor parte de los datos y las imágenes fueron recogidos inicialmente de expertos en enfermedades porcinas que estaban en hojas de cálculo de Excel y después fueron trasladadas a SQL Server 2000 [22].

**Jaime y Cabezas (2007)** desarrollan la herramienta interactiva Hematool para el análisis de exámenes de laboratorio en perros y gatos, que permite al médico

veterinario introducir los resultados obtenidos en los exámenes de laboratorio y de esta manera permite llegar a posibles diagnósticos diferenciales.

Permite al usuario acceder a la información referente a laboratorio clínico, de una manera interactiva, creando ambientes ricos en situaciones que requieren de conocimiento previo por quien usa esta herramienta, en este proyecto se realizan pruebas importantes como hemograma, química sanguínea, uroanálisis, exámenes coprológicos, líquido cefalorraquídeo y efusiones corporales.

El programa está diseñado sobre una plantilla de fácil manejo y versátil, se desarrolló en Macromedia Flash Mx, Fireworks Mx y Dreamweaver Mx. cuando los datos son integrados al programa, automáticamente mostrará al médico si los resultados de cada paciente están dentro de lo normal, disminuidos o elevados y dará la opción, mediante hipervínculos, de revisar las causas (fisiológicas o patológicas) de las alteraciones observadas. Ésta consulta se puede realizar en segundos de acuerdo con la idea que tenga el médico, luego de realizar un buen examen clínico [8].

**Douali et. al.(2015)**, proponen una investigación donde se evalúa un modelo para el diagnóstico médico, basado en MCD's implementados en un enfoque de la web semántica para identificar los problemas del modelado de sistemas de diagnóstico en infecciones del tracto urinario(ITU). El estudio tiene tres objetivos principales: el primero es establecer algoritmos de razonamiento con MCD's, la segundo es usar notación N3 para implementar MCD's con pautas de práctica clínica(Clinical Practice Guidelines CPG) para formalización del conocimiento e integración de recursos, finalmente se valida el modelo cognitivo de la base de datos de pacientes. Los mapas cognitivos difusos permiten representar el conocimiento mediante reglas difusas empleadas para mejorar el sistema de apoyo en la toma de decisiones, y la Web Semántica es utilizada para implementar ambos enfoques utilizando notación N3 para representar el conocimiento médico y utilizando RDF triples[39].

**Chrysostomos et. al. (2008)** reportan una arquitectura de mapas cognitivos difusos(MCD) para sistemas de apoyo a la toma de decisiones médicas. Desarrollaron tres tipos de mapas cognitivos difusos para el diagnóstico, adecuándolos a una arquitectura de mapas cognitivos, el primer MCD busca como salida obtener uno

de muchos diagnósticos que puede ser alcanzados en el sistema, el segundo MCD distribuido sirve de apoyo para decisiones médicas complejas y gran número de factores que interactúan entre si y una arquitectura jerárquica con MCD que recibe información de todos los subsistemas para la toma de decisiones y planeaciones estratégicas. Esta aplicación es utilizada en dos áreas médicas: patología del lenguaje y la obstetricia [15].

**Elpiniki I. et. al. (2008)** presentan el desarrollo una herramienta poderosa para predecir enfermedades infecciosas utilizando mapas cognitivos difusos, este trabajo centra su atención en el diagnóstico médico, utiliza MCD's como un primer paso para modelar un sistema Médico-experto para la predicción de casos severos de neumonía, es un proceso complejo debido a la interacción de diferentes parámetros como son signos, síntomas, pruebas de laboratorio y la adecuación del conocimiento de los expertos en el diseño del mapa. El objetivo principal de este trabajo es el desarrollo de un sistema experto para la predicción de neumonías infecciosas así como la gravedad de la infección [20].

**Iakovidis y Papageorgiou (2011)** proponen un enfoque para la construcción de un sistema con MCD's basado en lógica difusa intuitiva llamado mapas cognitivos difusos intuitivos (MCDI). Este enfoque es utilizado para la toma de decisiones médicas. Los MCDI sirven para modelar la información incierta, imprecisa e incompleta. Una ventaja comparativa de un MCDI propuesta sobre un MCD es que puede incorporar información adicional respecto a la vacilación de los expertos en la definición de las relaciones causa-efecto entre los conceptos involucrados en una dominio. Al ser intuitivo, un MCD es capaz de modelar el mundo real y evaluar tareas en la toma de decisiones médicas tal y como lo percibe un experto humano. El MCDi cuenta con 34 conceptos, como datos específicos del pacientes, síntomas entre otros, para el diagnóstico de la gravedad que presenta un paciente en un cuadro de neumonía. El sistema sugiere una salida idónea para una variedad de decisiones médicas [18].

**Hasan, et. al. (2016)** proponen representar el conocimiento mediante mapas cognitivos difusos y conjuntos de términos lingüísticos difusos dudosos en la biome-

---

dicina. Los mapas cognitivos difusos se han demostrado como una herramienta útil de apoyo a la toma de decisiones. En este trabajo se presenta un nuevo modelo de mapas cognitivos basados en conjuntos lingüísticos dudosos. Además, se ha mostrado un ejemplo ilustrativo aplicado a la medicina. La propuesta de esta contribución está centrada en aumentar la interpretación de los mapas cognitivos difusos y su facilidad de uso por los expertos, proporcionando resultados lingüísticos que sean fácilmente interpretables. Para ello, se propone que se represente la información a través de valores lingüísticos y se opere sobre ellos a través del modelo lingüístico basado en 2-tuplas. De este modo, los modelos mentales obtenidos son más cercanos al modo de pensar de los expertos[42].

---

## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### 2.1. Análisis clínicos y exploración clínica

Los análisis clínicos y la exploración física son una parte fundamental del trabajo de el médico veterinario, para tomar decisiones acerca del diagnóstico. Los análisis del laboratorio brindan apoyo al médico quién sigue el tratamiento de la mascota con base en los resultados obtenidos de las pruebas, así como también del al abordaje del caso clínico y los hallazgos médicos recopilados, todo está encaminado a conseguir resultados exactos, rápidos y precisos, que son imprescindibles para ayudar a un buen diagnóstico clínico.

##### 2.1.1. Exploración clínica

El registro adecuado de los datos del paciente, la exploración física y la anamnesis son de gran importancia para el médico veterinario, ya que tienen la finalidad de determinar el estado de salud o de enfermedad, establecer el diagnóstico acertado y proporcionar el tratamiento correcto.

El diagrama de la figura 2.1 muestra las etapas que se deben seguir el veterinario en la exploración clínica [14].



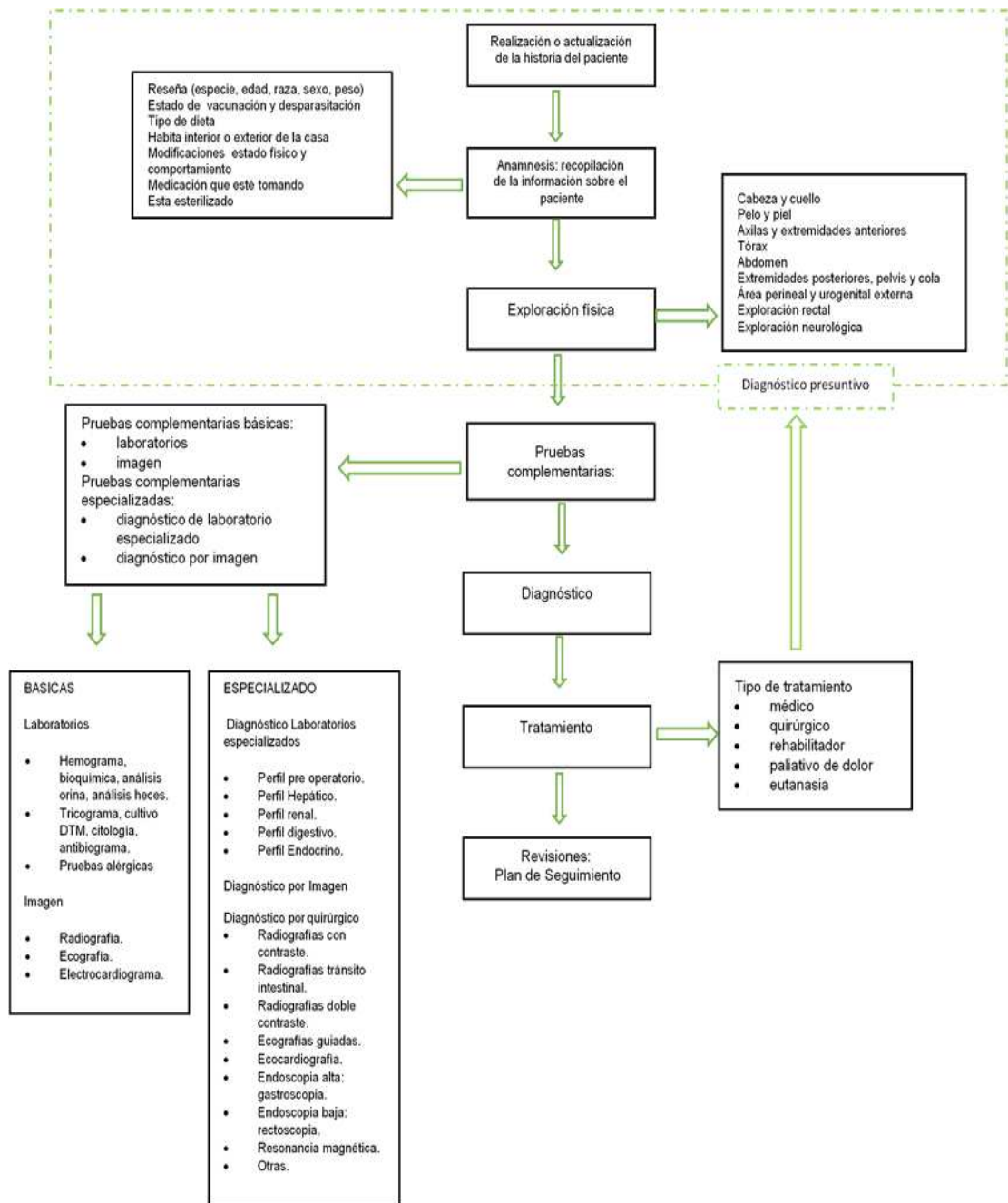


Figura 2.1. Proceso examen clínico general

### Proceso del examen clínico general

#### 1. *Realización o actualización de la historia clínica.*

Es la recolección o actualización de los datos concretos y objetivos del paciente, que son necesarios obtener del propietario se muestran a continuación:

- Motivo principal de la consulta
- Enfermedad actual
- Antecedentes, al hablar de éstos se debe incluir en la historia clínica, si padeció algunos de las siguientes puntos:
  - a) Enfermedades infecciosas: moquillo, hepatitis, leptospirosis, panleucopenia, neumonitis.
  - b) Enfermedades importantes: fecha y tratamiento.
  - c) Enfermedades alérgicas: contacto, atopia, reacciones alimentarias y farmacológicas.
  - d) Accidentes.
  - e) Cirugías.
  - f) Gestaciones: características del parto y número de descendientes.
  - g) Inmunizaciones: panlucopenia, neumonitis, moquillo, hepatitis, leptospirosis, rabia y fechas de inmunización.

#### 2. *Anamnesis*

El fin de la anamnesis es la recopilación de hechos, es decir realizar una serie de preguntas al dueño sobre el estado de salud del paciente. Los datos recabados serán anotados para después ponerlos en orden de prioridad, con el fin de preparar un listado de posibles diagnósticos que acompañados de la información que se obtiene del examen físico, ayuden al médico a dar un mejor tratamiento.

#### 3. *Exploración física*

La exploración física se realiza al emplear los sentidos de la vista, olfato, tacto y oído. Los métodos generales que se emplean en las pequeñas especies son: inspección, palpación, percusión, balotaje, auscultación, succión y percusión táctil. En el examen físico rutinario es necesario tomar en cuenta el aspecto general de:

- Signos vitales
- Piel
- Ganglios linfáticos
- Ojos
- Orejas
- Nariz
- Cuello
- Tórax
- Corazón
- Abdomen
- Genitales
- Recto
- Extremidades
- Signos neurológico

La exploración física y la anamnesis que realizan los médicos se puede mostrar en la tabla 2.1 [32].

#### 4. *Pruebas complementarias*

Se deben realizar más estudios, para generar un diagnóstico más acertado.

#### 5. *Diagnóstico*

El médico veterinario con la información recabada hasta este momento como la historia clínica, anamnesis, exploración física y las pruebas complementarias realizadas, está en disposición de ofrecer al cliente un posible diagnóstico.

#### 6. *Tratamiento*

Una vez realizada la aproximación del diagnóstico, se realizan distintas alternativas terapéuticas.

#### 7. *Revisiones plan de seguimiento*

En la evolución y posibles complicaciones del tratamiento, se debe hacer un plan

Tabla 2.1. Datos de la exploración física y anamnesis.

Dato	Valores
Nombre	
Especie	Perro o gato
Edad	
Raza	
Sexo	Macho o Hembra
Peso	
Color	
Temperatura:	
canino	37,5 – 39° C adulto, 38 – 40° C cachorro
felino	38 – 39,5°C adulto, 38,5 – 40,5° C cachorro
Frecuencia respiratoria:	
canino	14-30 x min. adulto, 22-36 x min. cachorro
felino	20-30 x min. adulto, 24-34 x min. cachorro
Mucosas:	Se evalúa en todos los casos lo siguiente:
labial	color: rosadas, pálidas, congestivas, ictericas o cianóticas
ocular	brillo: brillantes o mates
vaginal	humedad: húmedas o secas
peneana	
Retorno capilar	Se evalúa el tiempo de retorno capilar de 1-2 segundos
Estado de ánimo	Apático, normal, sobresalto
Condición corporal	Caquético, delgado, normal, sobrepeso, obeso
Frecuencia cardíaca:	
canino	60-80 x min. adulto, 110-120 x min. cachorro
felino	110-120 x min. adulto, 130-140 x min. cachorro
Orina	
Sangrado	no, boca, nariz, vaginal
Grado de hidratación	Moderada, normal y severa
preguntas al dueño	
	¿Qué problema tiene el paciente?
	¿Hay más mascotas en casa?
	¿Desde cuándo empezó el problema?
	¿Anteriormente había presentado este problema?
	¿Se le ha administrado algún tratamiento ?
	¿Ha sido vacunado y desparasitado?

de seguimiento del caso, se deben programar las visitas al Hospital, curaciones, revisiones, análisis, pruebas, entre otras., para planificar con antelación los horarios que puedan facilitar la realización de las mismas.

### 2.1.2. Análisis clínicos

Este trabajo se centrará en el acercamiento diagnóstico por medio de las pruebas complementarias o análisis clínicos, pero para esto es necesario saber el proceso que se lleva a cabo para llegar a él.

Existen diferentes tipos de análisis clínicos, que permiten al médico veterinario tener un panorama más amplio al momento de la valoración, los análisis que se realizan pueden ayudar al médico a tomar las decisiones adecuadas junto con las manifestaciones clínicas o síntomas del paciente, los análisis como se muestra en el figura 2.1 son clasificados en básicos (que serán motivo de estudio) y los especializados (son los que se realizan para confirmar un diagnóstico).

#### Tipos de análisis clínicos:

- Hemograma
- Bioquímica
- Análisis orina
- Análisis heces
- Tricograma
- Cultivo DTM
- Citología
- Antibiograma
- Pruebas alérgicas

## Hemograma

El hemograma es un estudio rutinario para el diagnóstico clínico. Los datos que aporta de manera importante es la presencia de anemia o eritrocitosis, así como la evidencia de enfermedades inflamatorias y ocasionalmente alérgicas, también permite identificar agentes etiológicos (origen de la enfermedad) [5][7]. Los valores de referencia de el hemograma se pueden observar en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Valores de referencia del Hemograma.

Determinación.	Abrev.	Unidades.	Canino
<b>Serie Roja</b>			
Hematocrito	Hto.	%	37-55
Hemoglobina	Hg	g/dl	12-18
Eritrocitos	Erit.	$\times 10^6/\mu l.$	5.5-7.9
Volumen Corpuscular medio	VCM	Fl.	60-72
Hemoglobina Corpuscular media	HCM	Pg.	20-25
Concentración media de hemoglobina corpuscular	CHCM	g/dl ó %	32-38
Reticulocitos		$< 50,000\mu l$	
Proteínas totales		g/dl	5.4-7.7
Frotis		ver cuadro 2.2	
<b>Serie Blanca</b>			
Leucocitos totales		$\times 10^3/\mu l.$	6.0-17.0
Segmentados		%	3-11.5
Banda		%	0-3
Eosinófilos		%	0-10
Basófilos		%	0-2
Linfocitos		%	12-30
Monocitos		%	3-10
Recuento Plaquetario		$\times 10^3/\mu l.$	211-621

En medicina veterinaria los estudios hematológicos tienen cinco funciones principales:

1. Confirmar el diagnóstico de la presencia o ausencia de la anomalía sanguínea.
2. Determinar la extensión de un proceso patógeno.
3. Definir la razón de la anomalía sanguínea.

4. Servir como guía en el pronóstico de casos clínicos.
5. Servir como guía en el tratamiento de trastornos clínicos.

Partes que contiene el hemograma.

- El eritrograma (Hematocrito, eritrocitos).
- El leucograma (Leucocitos totales y cálculo diferencial).
- Evaluación de las plaquetas.

Valores de referencia hematológicos

#### *Serie roja (eritograma)*

La función de los glóbulos rojos (eritrón) consiste en transportar oxígeno a los tejidos a suficiente presión, para permitir la difusión rápida de oxígeno desde la sangre a las células, esto se hace mediante una molécula transportadora (hemoglobina), y un vehículo (eritrocito), capaz de llevar a la hemoglobina intacta a nivel celular[35].

La evaluación del eritrón consta de evaluar los eritrocitos en la sangre, sus precursores y todos los elementos que participan en su producción. Las anormalidades en el eritrón incluyen anemia, policitemia, hemodilución y hemoconcentración [41].

- Hematocrito (Hct)  
El valor del Hematocrito se define como el porcentaje de eritrocitos con respecto a la sangre total.
- Hemoglobina  
Mide la capacidad de transportar oxígeno a los eritrocitos. El valor de la hemoglobina es de alrededor de un tercio del valor del Hematocrito, cuando los eritrocitos son de tamaño normal.
- Eritrocitos  
La principal función de los eritrocitos es transportar los gases respiratorios (O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>) en unión química con la hemoglobina.

- Volumen corpuscular medio (VCM)  
Representa el volumen de los eritrocitos, indica si los eritrocitos son más grandes o pequeños de lo normal.
- Hemoglobina corpuscular media (HCM)  
La hemoglobina corpuscular media, es una medida de la masa de la hemoglobina contenida en un glóbulo rojo. Es reportada como parte de un conteo completo de sangre estándar.
- Concentración media de hemoglobina corpuscular (CHCM)  
La concentración de hemoglobina corpuscular media calcula la cantidad de hemoglobina llevada por el glóbulo rojo en la sangre.
- Amplitud de la distribución eritrocitaria (RDW)  
Es el coeficiente de variación de VCM e indica el grado de variación de tamaño de los eritrocitos, y el aumento de estos se asocia a las anemias regenerativas.
- Reticulocitos  
Los reticulocitos son glóbulos rojos que no han alcanzado su total madurez. Se encuentran en niveles elevados en el plasma sanguíneo por causa de algunas anemias, cuando el organismo incrementa la producción de glóbulos rojos y los envía al torrente sanguíneo antes de que sean maduros.
- Proteínas totales  
Los aumentos y disminuciones se deben a las concentraciones de albúminas y globulinas.
- Evaluación del Frotis  
El Frotis es una parte fundamental del Hemograma, que permite de los diferentes componentes sanguíneos, ya sea por cambios morfológicos (eritrocitos, leucocitos y/o plaquetas), inclusiones intra o extracelular de parásitos o bacterias sanguíneas[5]. En el frotis se pueden encontrar cuatro tipos de alteraciones relacionadas con la serie roja que aparecen en la tabla 2.3.



Tabla 2.3. Frotis sanguíneo.

Tamaño y color	Forma	Alteración de la distribución	Cuerpos de inclusión y parásitos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Macroцитos.</li> <li>▪ Microцитos.</li> <li>▪ Hipocromacia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Esferocitos.</li> <li>▪ Queratocitos.</li> <li>▪ Ancaцитos.</li> <li>▪ Esquitocitos.</li> <li>▪ Eritrocitos crenados.</li> <li>▪ Dianocitos.</li> <li>▪ Ecentrocitos.</li> <li>▪ Diacrocitos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formación de pila de moneda.</li> <li>▪ Aglutinación macroscópica.</li> <li>▪ Aglutinación microscópica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuerpos de Heinz.</li> <li>▪ Eritrocitos nucleados.</li> <li>▪ Cuerpos de Howell-Jolly.</li> <li>▪ Babesia Canis.</li> <li>▪ Micoplasma haemofiles.</li> </ul>

*Serie blanca (leucograma)*

Los glóbulos blancos o fagocitos tienen la función principal de defender al organismo, contra los microorganismos invasores ingiriéndolos o destruyéndolos. Hay dos tipos de fagocitos: los fagocitos mononucleares, y los granulocitos. Los mononucleares, son producidos principalmente en la médula y son liberados en forma de monocitos. Los granulocitos se clasifican de acuerdo a sus características de tinción como basófilos, eosinófilos o neutrófilos.

- Leucocitos totales

Mide la cantidad de glóbulos blancos o fagocitos que se encuentran en la sangre.

- Segmentados (maduros)

Los neutrófilos segmentados, son los leucocitos más comunes en la sangre periférica de todas las especies domésticas, que proporcionan la primera línea de defensa contra los organismos y agentes patógenos externos y desempeñan un papel importante en la activación del sistema inmune contra los agentes patógenos. Los neutrófilos segmentados circulan en una forma madura y poseen un núcleo dividido o segmentado.

- En banda (inmaduros)  
Los neutrófilos en banda son inmaduros, y tienen un núcleo con forma de banda.
- Eosinófilos  
Los eosinófilos, se producen en la médula espinal, viajan a través de la corriente sanguínea, y estos envuelven y neutralizan las partículas invasoras. También liberan proteínas que pueden ayudar a defender al cuerpo de afecciones parasitarias y alérgicas.
- Basófilos  
Los basófilos son el tipo menos común de los granulocitos, un tipo de glóbulo blanco o leucocito. Son los principales responsables de la respuesta alérgica y antígena ya que liberan una sustancia llamada histamina. Al igual que los eosinófilos, los basófilos juegan un papel en infecciones parasitarias y alérgicas.
- Linfocitos  
Los linfocitos se producen en varias áreas del cuerpo. La producción de linfocitos tiene lugar principalmente en el timo y la médula ósea, ayudan a combatir enfermedades, por lo que es normal ver un aumento en el número de estos en infecciones.
- Monocitos  
Los monocitos los cambios en sus niveles pueden indicar cambios en la salud de un paciente. Como regla general, un bajo recuento de monocitos es una buena señal, y un recuento alto indica que un problema está presente.

### *Recuento plaquetario*

Las plaquetas circulan en la sangre, y su misión fundamental consiste en taponear rápidamente cualquier solución de continuidad que se produce en el interior de los vasos sanguíneos, deteniendo el sangrado. Un mamífero que tiene bajas las plaquetas sufre de hemorragias.

## Uroanálisis

El análisis de orina o uroanálisis es un examen rutinario extremadamente valorado por los médicos, porque puede aportar información acerca del funcionamiento del aparato urinario y de un numeroso grupo de afecciones sistémicas. Este examen clínico puede dar una idea del estado de deshidratación del paciente, de la función o disfunción renal, de enfermedades sistémicas y de daños tóxicos [13].

El uroanálisis puede proveer información diagnóstica y pronóstico adicional en un número de situaciones clínicas, tales como [26]:

- En la evaluación de animales con enfermedad sistémica no renal (ej. animales con enfermedades hepática o shunts porto-sistémicos, que pueden causar billirrubinuria o cristales de amonio biurato).
- Animales con sospecha de enfermedades infecciosas (ej. la proteinuria, debida a la enfermedad glomerular, puede complicar una enfermedad infecciosa aguda y/o crónica).
- En animales febriles (una infección del tracto urinario, puede ocasionar fiebre en casos de sepsis).
- En una evaluación preliminar de la función renal en animales deshidratados.
- Como un punto de inicio en la evaluación de cualquier animal con signos inespecíficos de enfermedad (ej. anorexia, letargia y pérdida de peso), en combinación con los datos del hemograma y del perfil bioquímico.

Indicaciones más frecuentes para realizar un uroanálisis

- Signos clínicos de enfermedades de las vías urinarias bajas (ej. polaquiuria, estranguria, disuria, hematuria, micción inapropiada), o poliuria y polidipsia.
- Cambios en las características de la orina (más oscura, pálida, sanguinolenta, mucosa), tanto sea observado, como reportado por el dueño.
- Conocimiento o sospecha de enfermedad renal o litiasis.

- Historia previa de infección del tracto urinario.

El uroanálisis completo incluye la evaluación de:

- Propiedades físicas.
- Propiedades químicas.
- Propiedades microscópicas.

Los Valores de referencia del uroanálisis[26] se muestran en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Valores de referencia Uroanálisis.

Valor	Rango
<b>Propiedades físicas</b>	
Color	Amarillo ámbar.
Apariencia	Claro
Densidad	Normal: 1.020-1050
<b>Propiedades químicas</b>	
pH	5.5 a 7.5
Proteínas(mg/dl)	0- 30
Sangre oculta	Negativo
Glucosa	Negativo
Cetonas	Negativo
Bilirrubina	0- 1+
Leucocitos	Ausencia
Eritrocitos	Ausencia
Células epiteliales	Ausencia
Cristales	Ausencia
Bacterias	Ausencia

### Propiedades físicas

- Color.

El color normal de la orina es de color amarillo, pero puede variar de pálido a amarillo oscuro o ámbar.

Color de la orina normal y anormal

El término pigmenturia se utiliza generalmente para describir el color anormal de la orina, que puede variar de incoloro a negro. Las variaciones pueden deberse a funciones metabólicas anormales, el esfuerzo físico o la administración de fármacos, aunque el color de la orina se utiliza a menudo como un indicador del estado de hidratación.

La tabla 2.5 muestra los diferentes tipos de pigmentos en la orina. [26]

Tabla 2.5. Pigmentos de la orina.

Color de la orina	Diferenciales
Incoloro o amarillo pálido	Diluida, orina mal concentrada
Amarillo obscuro a naranja	Orina concentrada(amarillo obscura)
	Bilirrubinuria (naranja a naranja obscura)
Amarilla a verde	Foto-oxidación de la bilirrubina
	Bilirrubinuria
	Biliverdina
Amarilla café y café rojo	Bilirrubinuria
	Hematuria
	Hemoglobinuria
Rojo-café	Hematuria
	Hemoglobinuria
	Myoglobinuria
	Metahemoglobina
Café- negro	Metahemoglobina
	Administracion oxyglobina
	Administracion de metronidazol
Rojo - Vino de Oporto	Porfirinas
Rojo- verde	Metocarbamol
	Azul de metileno
	Amitrimtilina

- Olor. La orina normal tiene un olor leve y puede variar en distintos animales y géneros, los olores anormales se pueden caracterizar de la siguiente forma:
  1. Presencia de bacterias(Picante o amoniaco).
  2. Presencia de cetonas (Frutal).

- Apariencia, se puede observar en el cuadro 2.6 las posibles complicaciones que se pueden encontrar cuando no existe claridad en la orina[13].

Tabla 2.6. Claridad de la orina.

Transparencia de la orina	Descripción	Posibles complicaciones clínicas
claro	Sin turbidez	Normal
	No hay partículas visibles	Inadecuadamente orina concentrada
Nebuloso o turbio	No hay partículas visibles	Moco
	Aunque la claridad es cada vez más oscurecido	Elementos celulares
Lechoso	Blanco, turbio	Pyuria
		Lipiduria
		Chyluria (raro)
Floculante	muchas partículas observadas	Precipitación de cristales
		Contaminación fecal

### Propiedades químicas

- pH. Los pH urinarios varían con la dieta y así a más proteína animal ingerida el pH sera más ácido[5].
- Proteína. La orina normal contiene poca o ninguna proteína detectable. Las cantidades mínimas de Proteínas que a veces se presentan en la orina se atribuyen a vario casos por lo general las a enfermedades renales o diabetes[13].
- Sangre oculta. Un pequeño número de glóbulos rojos puede encontrarse en la orina de Perros sanos. La fuente de estos glóbulos rojos puede encontrarse en la orina de por enfermedades de el riñón, el uréter, la vejiga, la uretra y el tracto genital.
- Glucosa. La orina generalmente no contiene glucosa, cuando aparece se dice que hay glocosuria y puede provocar hiperglucemia, insuficiencia renal entre otras enfermedades.

- Cetonas. Los cuerpos cetónicos al igual que la glucosa deben estar ausente, un aumento de estos pueden indicar cetoacidosis diabética.
- Bilirrubina. La presencia de bilirrubina se denomina bilirrubinuria y aparecen en enfermedades donde hay aumento de analito en la sangre como enfermedades hepáticas.
- Leucocitos. Indican alguna infección en el tracto urinario.

## 2.2. El diagnóstico médico

El diagnóstico es la meta de todo médico quiere alcanzar, ya que la emisión correcta de éste conlleva a ofrecer un tratamiento correcto de la enfermedad, basado en la observación del paciente, en escuchar al cliente, en el examen físico y sobre todo en la introspección, por eso el MVZ debe de tomar el tiempo necesario para obtener todo los datos clínicos que lo lleven a un buen dictamen médico.

**Definición de diagnóstico**, es el conjunto de signos que sirven para fijar el carácter peculiar de una enfermedad y también es la calificación que da el médico a la misma según los signos que advierte [26].

El diagnóstico puede clasificarse de acuerdo con sus diversos atributos[21]:

- De acuerdo con su evolución en el proceso diagnóstico en: inicial (de sospecha), de presunción o provisional, parcial, transitorio y final o definitivo (a veces de certeza).
- De acuerdo con el método utilizado para llegar a él en: clínico, de laboratorio, de gabinete, histopatológico, postoperatorio y, a veces, de autopsia.
- De acuerdo con la estrategia utilizada para obtenerlo en: analógico, algorítmico, exhaustivo, por exclusión, etc.
- De acuerdo con su calidad o finura y de menor a mayor rango en:
  1. Clínico.

2. Anatómico.
3. Fisiopatológico o funcional.
4. Causal.
5. Nosológico.
6. Integral es al que todo médico debe llegar incluyendo los anteriores.

## 2.3. Lógica Difusa

Actualmente se puede observar la cantidad y la variedad de aplicaciones de la lógica difusa, que puede aplicarse a procesos complejos cuando no existen modelos de solución simple o un modelo matemático preciso. Hoy en día la lógica difusa se encuentra presente en el desarrollo de productos o servicios que ayudan al hombre a hacer más rápido y mejor su trabajo, para tomar decisiones adecuadas en tiempo y forma, porque puede resolver problemas tal como lo hace un experto humano. Los sistemas difusos tienen una alta capacidad para resolver los problemas complejos en la toma de decisiones que implica el manejo de información imprecisa, incierta y ambigua.

### 2.3.1. Conjuntos difusos

La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge del hecho que existen conjuntos que no tienen límites claros. Un conjunto difuso se encuentra asociado por un valor lingüístico que está definido por una palabra, etiqueta lingüística o adjetivo. Los conjuntos difusos se caracterizan por tener una función de membresía, el cual asigna a cada objeto un grado de pertenencia que varía entre cero y uno.

Si  $X$  es una colección de objetos denotados generalmente por  $x$ , entonces un conjunto difuso  $A$  en  $X$  es definido como un conjunto de pares ordenados. En otras palabras un conjunto difuso se define como lo muestra la ecuación 2.1 [28].

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \quad (2.1)$$



Donde:

$\mu_A(x)$ : es la función de membresía del conjunto difuso A.

$X$ : es el universo de discurso.

A: es el conjunto difuso.

$x$ : elemento a probar el grado de membresía en el conjunto A.

La función  $\mu_A(x)$ , es un número real en el intervalo cerrado  $[0, 1]$ . Cuando más cerca este la pertenencia del conjunto A al valor 1, mayor sera la pertenencia de la variable x al conjunto A, esto se puede observar en la figura 2.2 [1].

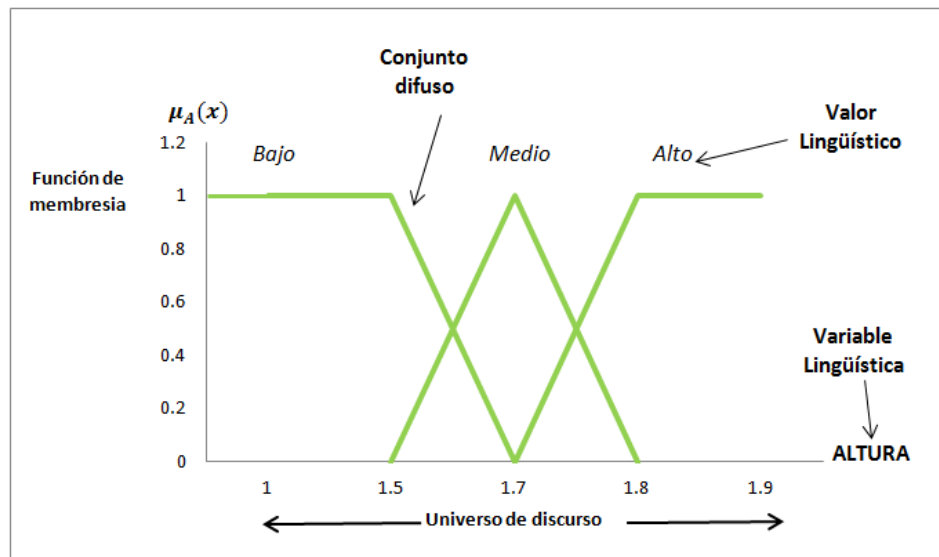


Figura 2.2. Términos de la función de membresía

### 2.3.2. Funciones de membresía

Una función de membresía  $\mu_A(x)$  describe, el grado de pertenencia de los diferentes elementos del universo de discurso al conjunto difuso.

La función característica  $X_A(x)$  del conjunto A de el universo de discurso está definido como sigue [28]:

$$X_A(x) = \begin{cases} \text{si } x \in A & 1 \\ \text{si } x \notin A & 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

Donde:

$X_A(x)$ : es la membresía del elemento  $x$  en el conjunto  $A$ , los símbolos  $\in$  y  $\notin$  denotan los dos posibles valores, de pertenencia o no pertenencia. A continuación se definirán algunas funciones de membresía (MF) más utilizadas [28].

Función triangular está definida por tres parámetros  $a, b, c$  de la siguiente forma:

$$\text{triangular}(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (2.3)$$

Donde:

$x$ : es el elemento a buscar el grado de pertenencia.

$a$ : límite inferior del triángulo.

$b$ : centro del triángulo.

$c$ : límite superior del triángulo.

Los parámetros deben de cumplir con la siguiente condición  $a < b < c$ , gráficamente la función de membresía triangular es representada en la figura 2.3

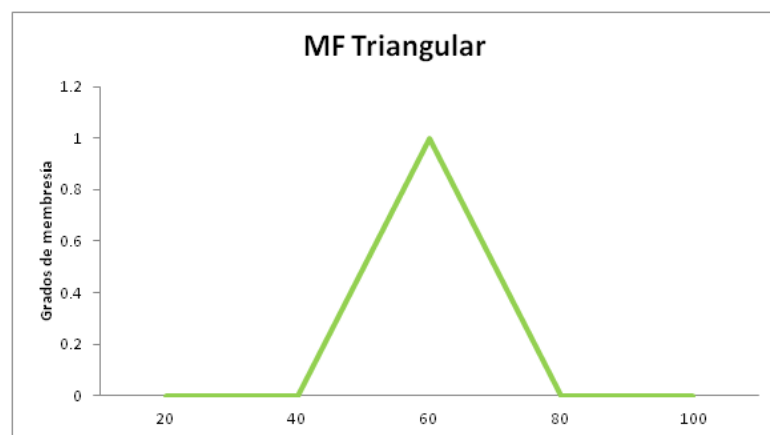


Figura 2.3. Función de membresía triangular

Función trapezoidal está especificada por cuatro parámetros  $a, b, c, d$  de la siguiente forma.

$$\text{trapezoidal}(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & d \leq x \end{cases} \quad (2.4)$$

Donde:

$x$ : es el elemento a buscar el grado de pertenencia.

$a$ : es el límite inferior del trapecio.

$b$ : es el límite inferior de la parte superior del trapecio.

$c$ : es el límite superior del a parte superior del trapecio.

$d$ : es el límite superior de la parte inferior del trapecio.

Los parámetros deben de cumplir con la siguiente condición  $a < b \leq c < d$ , gráficamente la función de membresía trapezoidal es representada en la figura 2.4

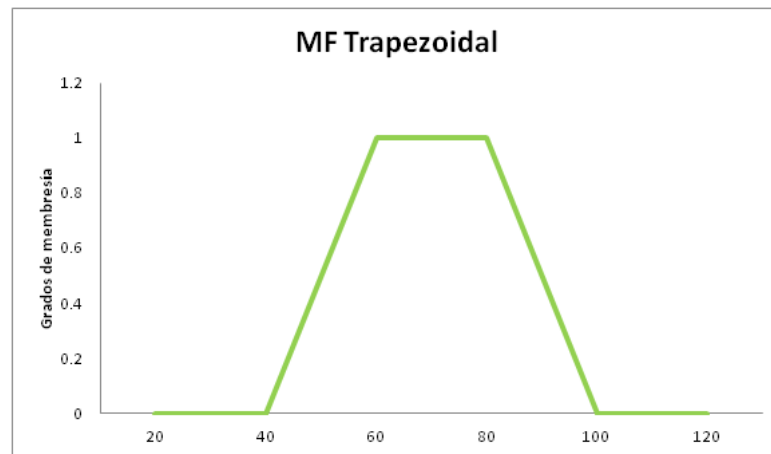


Figura 2.4. Función de membresía trapezoidal

La función gausseana está especificada por dos parámetros  $c, \sigma$  de la siguiente forma:

$$\text{gausseana}(x; c, \sigma) = e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2} \quad (2.5)$$

Donde:

$x$ : es el elemento a buscar el grado de pertenencia.

$c$ : centro de la campana de Gauss.

$\sigma$ : amplitud de la campana de Gauss.

Gráficamente la función gausseana es representada en la figura 2.5

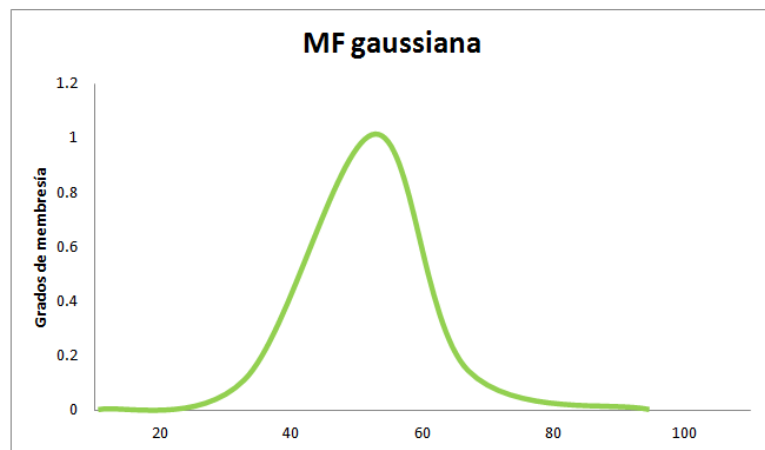


Figura 2.5. Función de membresía gausseana

La función campana generalizada está especificada por tres parámetros  $a, b, c$ , de la forma siguiente:

$$\text{campana}(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \quad (2.6)$$

Donde:

$x$ : es el elemento a buscar el grado de pertenencia.

$a$ : ancho de la curva.

$b$ : ancho de la curva.

$c$ : centro de la curva de la campana.

El parámetro  $b$  es usualmente positivo, si éste es negativo la forma de la campana sera al revés, la representación gráfica de esta función se puede observar en la figura 2.6.

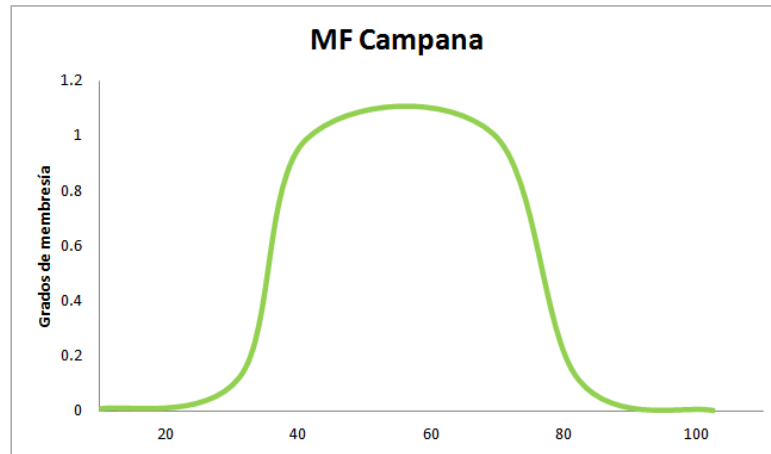


Figura 2.6. Función de membresía campana generalizada

### 2.3.3. Variables lingüísticas

Una variable lingüística difiere de una variable matemática ya que sus valores no son números, si no palabras o frases del lenguaje natural, puesto que las palabras son menos específicas que los números. Una variable lingüística adopta valores con palabras que permiten describir el estado de un objeto o fenómeno; estas palabras se pueden representar mediante conjuntos difusos[4].

Una variable lingüística está compuesta por un conjunto de cinco elementos [2]:

$$(x, T(x), U, G, M) \quad (2.7)$$

Donde:

$x$ : es el nombre de una variable.

$U$ : es el universo de discurso.

$T(x)$ : es el conjunto de términos lingüísticos que pueden ser de valor variable.

$G$ : gramática sintáctica que produce términos en  $T(x)$ .

$M$ : reglas semánticas que mapean términos en  $T(x)$  a conjuntos difusos en  $U$ .

Se utilizan varias etiquetas lingüística para expresar conceptos abstractos tales como jóvenes, ancianos, frío, caliente, barato, caro, entre otras. Por ejemplo si se considera una variable lingüística “ $X$ ” cuyo nombre es “edad”.

$X = (edad, T(edad), U, G, M)$

edad: nombre de la variable  $x$ .

$T(edad) = Joven, muyjoven, muy, muyjoven, \dots$

Conjunto de términos utilizados en la discusión de la edad.

$U: [0, 100]$  universo de discurso.

$G(edad) : T^{i+1} = \{joven\} \cup \{muyT^i\}$

$M(joven) = \{(u, \mu_{joven}(u)) | u \in [0, 100]\}$

$\mu_{joven}(u) =$

$$\mu_{joven}(u) = \begin{cases} 1 & \text{si } u \in [0, 25] \\ (1 + \frac{u-25}{5}) & \text{si } u \in [25, 100] \end{cases} \quad (2.8)$$

En el ejemplo el término “joven” se utiliza como base del conjunto  $T(edad)$ , este tipo de término se denomina “término primario”. Cuando añadimos modificadores a los términos primarios, se puede definir nuevos términos, llamados términos difusos. En muchos casos, cuando se añade el modificador “muy”, se obtiene la operación cuadrada. Por ejemplo, la función del término “muy joven” se obtiene de “joven”.

$$\mu_{muyjoven}(u) = (\mu_{joven}(u))^2$$

### 2.3.4. Reglas difusas

Existen varias maneras de representar el conocimiento, quizás la forma más común para hacerlo es formar expresiones del lenguaje natural. En un sistema de inferencia difusa la representación del conocimiento se hace mediante reglas difusas que utilizan variables lingüísticas como cualquier otro vocabulario, estas reglas controlan el comportamiento de un sistema difuso y presentan nueva información mediante el uso del conocimiento existente. Una regla difusa “si-entonces” (también conocida

como implicación difusa o sentencia condicional difusa) puede ser expresada como:[5]

$$\text{Si } x = A \text{ entonces } y = B \quad (2.9)$$

Donde:

$A$  y  $B$ : son valores lingüísticos definidos por un conjunto difuso o universo de discurso  $X$  y  $Y$  respectivamente.

$x=A$ : es llamado el antecedente o premisa.

$y=B$ : es llamado la consecuencia o conclusión.

La regla difusa puede incluir predicados difusos en el antecedente y consecuente, y puede ser reescrito como en la forma:

$$\text{Si, } A(x) \text{ entonces } B(y) \quad (2.10)$$

Esta regla puede ser representada por una relación  $R(x,y)$ .

$$R(x, y): \text{Si } A(x), \text{ entonces } B(y) \quad (2.11)$$

o

$$R(x, y): A(x) \rightarrow B(y) \quad (2.12)$$

Si hay una regla y hechos que implican a los conjuntos difusos, se pueden ejecutar dos tipos de razonamiento [2].

Modus ponens generalizado(MPG) o razonamiento directo.

Hecho:  $x$  es  $A'$ .

Regla: si  $x$  es  $A$  entonces  $y$  es  $B$ .

Resultado:  $y$  es  $B'$ .

Modus tollens generalizado (MTG) o razonamiento inverso

Hecho:  $x$  es  $B'$ .

Regla: si  $x$  es  $A$  entonces  $y$  es  $B$ .

Resultado:  $y$  es  $A'$ .

### 2.3.5. Sistema de inferencia difuso

Los sistemas de inferencia difusa (SIF), se basan en un conjunto de reglas heurísticas donde las variables lingüísticas de las entradas y las salidas se representan por medio de conjuntos difusos.

En la figura 2.7 se muestra la arquitectura de un SIF mostrando los módulos que lo conforman y la forma en que se relacionan.

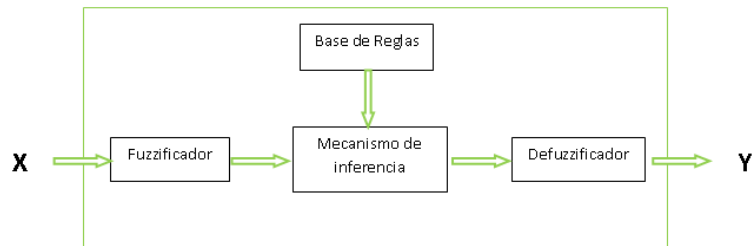


Figura 2.7. Esquema de un sistema basado en lógica difusa

#### Fuzzificación

En esta etapa se toman los datos de entrada y se determina el grado en que pertenecen a cada uno de los conjuntos difusos a través de las funciones de membresía. La conversión de los datos de entrada a valores lingüísticos expresa la proporción de la similitud del dato a cada término lingüísticos de la variable.

#### Inferencia

El mecanismo de inferencia representa el núcleo del SIF pues agrupa toda la lógica de inferencia difusa del sistema. Cada regla tiene un nivel de disparo que depende del grado de similitud que guarda, del estado actual de las variables de entrada del sistema y la estructura de los antecedentes de cada regla.



**Defuzzificador**

Es el proceso de convertir los valores difusos de las variables de salida que resultan del proceso de inferencia, en información precisa expresada mediante un valor concreto.

**Sistema de inferencia Mandani**

El método Mamdani es comúnmente utilizado de la forma min-máx, es decir, la composición de las reglas de inferencia están dadas por el operador de intersección T-norm min. y por el operador de unión S-conorm máx.

La agregación es el método mediante el cual se van a unir los valores obtenidos en cada una de las reglas de inferencia utilizadas en el sistema.

En el método Mamdani, es común encontrar como resultado de la agregación, con un área irregular, por lo tanto para obtener el valor de salida del sistema se utiliza alguno de los métodos de defuzzificación mostrados en la Figura 2.8 [28].

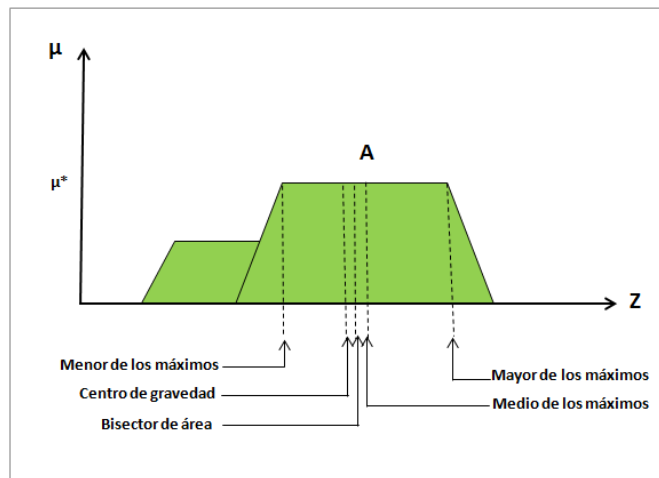


Figura 2.8. Métodos de defuzzificación tipo Mandani

**Sistema de inferencia Larsen**

Larsen propuso una multiplicación aritmética entre dos funciones de membresía con diferentes universos de discurso. Siendo A y B dos funciones de membresía, la implicación de producto resulta:

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \mu_A(x) \cdot \mu_B(y) \quad (2.13)$$

### Sistema de inferencia Sugeno

Una alternativa de procesamiento en los sistemas difusos fue la propuesta por Takagi Sugeno en los sistemas difusos que llevan su nombre, [12]. La figura presenta el esquema de un sistema de inferencia difusa tipo Sugeno. En estos sistemas la fuzzificación e implicación son similares a los empleados en los sistemas tipo Mandani, mientras que la diferencia se presenta en la forma como se calcula la salida. Para calcular la salida del sistema difuso se ponderan los diferentes formas teniendo en cuenta el valor con el cual se activó el antecedente de cada una de las reglas, para un sistema con dos reglas la salida del sistema difuso sería:

$$y = \frac{W_1 Y_1 + W_2 Y_2}{W_1 + W_2} \quad (2.14)$$

Cada regla tiene asociada una función que depende de las variables de entrada, para un caso donde se tengan dos variables de entrada las funciones serían:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2) \quad y_2 = f_2(x_1, x_2) \quad (2.15)$$

## 2.4. Mapas cognitivos difusos

Los mapas cognitivos fueron propuestos por el científico Robert Axelrod en 1976, como una herramienta para representar el conocimiento científico social, en estos los nodos representan conceptos o variables de un dominio, las conexiones indican la dirección de la causalidad junto al signo asociado que puede ser positivo o negativo.

Los Mapas cognitivos difusos (MCD), fueron introducidos por Barth Kosko en 1986, como sistemas dinámicos de realimentación difusa para el modelado del conocimiento causal [12]. Los mapas son grafos dirigidos que representan un concepto o una variable, y las conexiones o aristas son las relaciones causales que existen entre

los conceptos. Cada relación tiene un signo asociado para expresar la dirección de la causalidad. Más explícitamente, se cumple que[27][40]:

- Causalidad positiva ( $W_{ij} > 0$ ): si el signo de la conexión es positivo, entonces una variación en el concepto causa (concepto inicial) provocará una variación en el concepto efecto en la misma dirección.
- Causalidad negativa ( $W_{ij} < 0$ ): si el signo de la relación es negativo, entonces una variación en el concepto causa provocará una variación en el concepto efecto en la dirección opuesta.
- No existencia de relaciones ( $W_{ij} = 0$ ): si la relación tiene valor 0 (o no existe), entonces no existe una relación causal entre los conceptos y una variación en el concepto causa no provocará variaciones en el concepto efecto.

Un mapa cognitivo difuso es un método para modelar sistemas complejos que utilizan el conocimiento y la experiencia de un experto humano. Tiene capacidad de aprendizaje y características que mejoran la estructura y el comportamiento computacional. Los mapas cognitivos difusos son estructuras de grafos difusos que permiten la propagación sistemática causal, particularmente el avance hacia atrás o hacia adelante, son ampliamente recomendados para amplios dominios del conocimiento, donde los conceptos y relaciones son principalmente difusos. Esta técnica permite modelar sistemas de retroalimentación con grados difusos de causalidad comprendidos en un intervalo de  $[0, 1]$ , para ello es importante tener un diagrama del sistema que muestre las suposiciones iniciales del modelo. En el diagrama cada nodo representa un conjunto difuso o evento que ocurre en algún grado. Los nodos son conceptos causales y pueden modelar acciones, valores, metas y procesos[17] [6].

Los mapas cognitivos establecen un vector de entrada, con una condición inicial, éste se multiplica con la matriz derivada del mapa, y se obtiene un resultado al iterar el vector resultante de la multiplicación con la matriz del diseño del mapa, teniendo así retroalimentación del sistema. La figura 2.9 muestra un ejemplo de un mapa cognitivo difuso simple con cinco nodos y su correspondiente matriz resultante.

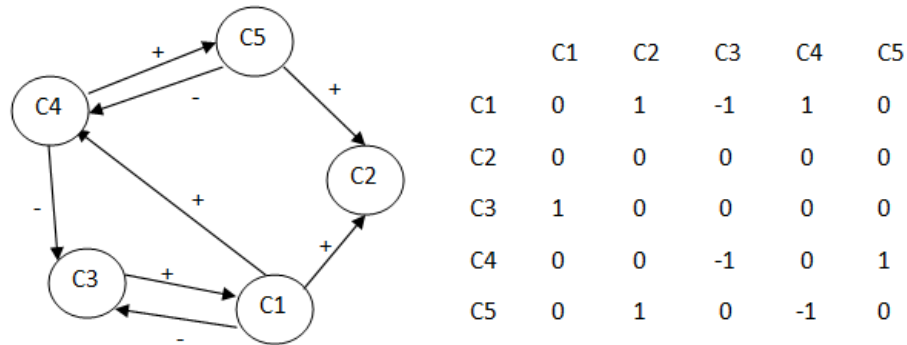


Figura 2.9. MCD simple y su matriz de adyacencia.

Cuando los conceptos de un MCD son conjuntos difusos son llamados nodos difusos. Los MCD con pesos o causalidad que se encuentra en los rangos  $\{-1, 0, 1\}$  son llamados mapas cognitivos difusos simples. Si se consideran los nodos o conceptos  $C_1, \dots, C_n$  del MCD, la dirección del nodo se dibuja con los pesos del nodo dirigido  $W_{ij} \in \{0, 1, -1\}$ . La matriz  $E$  es definida como  $E = (W_{ij})$  donde  $w_{ij}$  es el peso de la dirección del arco dirigido  $C_i C_j$ .  $E$  es llamada la matriz de adyacencia del MCD también conocida como la matriz de conexión del MCD [45].

El análisis dinámico de los MCD's comienza con la determinación de un vector de estímulo, que representa el valor inicial de cada variable o concepto, de acuerdo con este vector, el MCD convergerá a punto fijo, ciclo límite o atractor caótico. La retroalimentación se realiza para que el sistema dinámico se equilibre. La inferencia simple de un MCD se realiza por medio de la multiplicación vector-matriz, los vectores en el estado  $A_n$  se ciclan a través de la matriz de adyacencia  $E$  es decir  $A_1 \rightarrow E \rightarrow A_2 \rightarrow E \rightarrow A_3 \rightarrow E \dots$ , lo que significa que la matriz  $A_1$  retroalimenta a la matriz  $E$  y así sucesivamente. Los nuevos valores de los conceptos son calculados en cada paso de la simulación mediante la ecuación 2.16.

$$A_i^{(k+1)} = f(A_i^{(k)}) + \sum_{j \neq i, j=1}^N A_j^{(k)} * w_{ij} \quad (2.16)$$

Donde:

$A_i^{(k+1)}$  : es el valor del concepto  $C_i$  en el paso  $k + 1$  de la simulación.

$A_j^{(k)}$  : es el valor del concepto  $C_j$  en el paso  $k$  de la simulación.

$w_{ij}$  : es el peso de conexión que va del concepto  $C_j$  al concepto  $C_i$  y  $f(x)$  es la función de activación como se muestra en la siguiente expresión.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\lambda x}} \quad (2.17)$$

Donde:

$\lambda$  : es un parámetro constante, que determina la rapidez con la que  $f(x)$  se aproxima a los valores 0 y 1.

La función de umbral sigmoidal, se utiliza para reducir la suma ponderada no limitada a un cierto rango, lo que dificulta el análisis cuantitativo, pero permite comparaciones cualitativas entre conceptos[49].

## 2.5. Tipos de mapas cognitivos difusos

### 2.5.1. Mapas cognitivos difusos simples

Tiene nodos bivalentes y arcos trivalentes. los valores del concepto  $C_i$  toman valores comprendidos en el intervalo[0,1], mientras que los arcos causales toman valores comprendidos entre [-1,1] como lo muestra la figura 2.10. Así para un concepto cada valor de un estado es uno de los  $2^n$  vértices del cubo difuso  $l^n$ . La trayectoria del MCD salta de vértice en vértice  $l^n$  finaliza en un punto fijo o en un ciclo límite en el primer vector repetido[10][44].

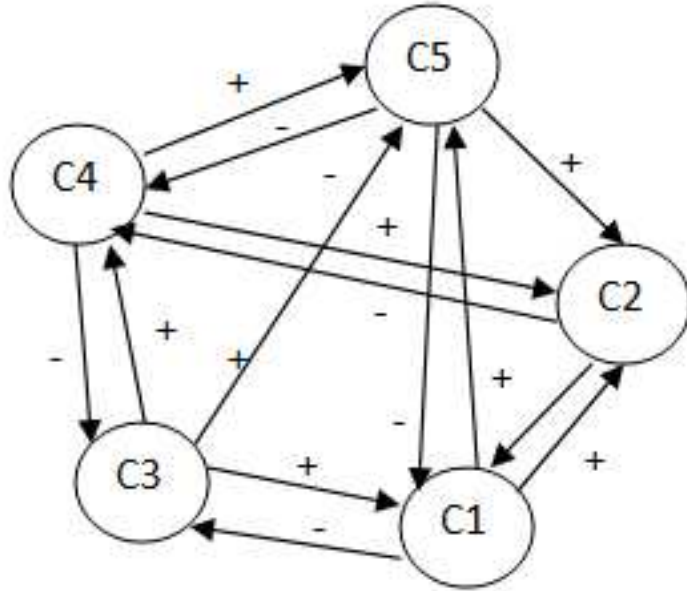


Figura 2.10. Mapa cognitivo simple.

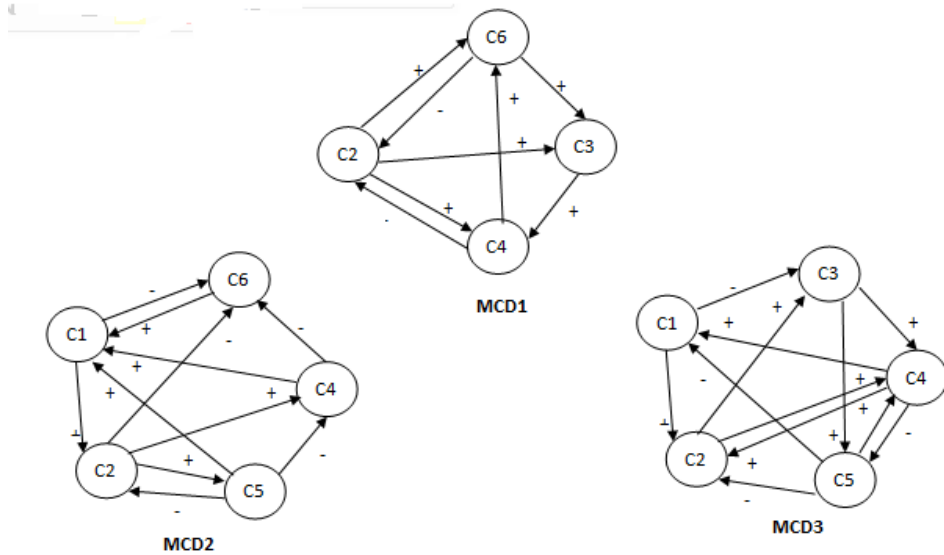
### 2.5.2. Mapas cognitivos difusos aumentados

Las matrices de varios MCD's pueden combinarse aditivamente para formar un nuevo MCD. Esto con el fin de combinar diferentes actores, y así definir la interacción entre ellos[10]. Si un MCD no incluye un concepto entonces los renglones o columnas se podrán en cero. La suma de las matrices se realiza en base a la siguiente fórmula:

$$F = \sum_{i=1}^n W_i F_i \quad (2.18)$$

Donde:

$W_i$ : son los pesos correspondientes a los conceptos  $F_i$ . Los pesos determinan el valor de cada MCD. La figura 2.11 muestra tres mapas cognitivos y sus respectivas matrices[44].



	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	0	0	0	0	0
C2	0	0	1	1	0	1
C3	0	0	0	1	0	0
C4	0	0	0	0	0	1
C5	0	-1	-1	0	0	0
C6	0	-1	1	0	0	0

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	1	0	0	0	-1
C2	0	0	0	1	1	-1
C3	0	0	0	0	0	0
C4	1	0	0	0	0	-1
C5	1	-1	0	-1	0	0
C6	1	0	0	0	0	0

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0	1	-1	0	0	0
C2	0	0	1	1	0	0
C3	0	0	0	1	1	0
C4	1	1	0	0	-1	0
C5	-1	-1	0	0	0	0
C6	0	0	0	0	0	0

Figura 2.11. Mapas cognitivos con su respectiva matriz de adyacencia.

La suma de los MCDs ayudan a la adquisición del conocimiento, estos tienden a ser retrolimentados y por lo mismo evaden el recorrido hacia atrás y hacia adelante. La figura 2.12 muestra el resultado de la suma de los mapas de manera gráfica y la figura 2.13 muestra el resultado de la suma de las matrices.

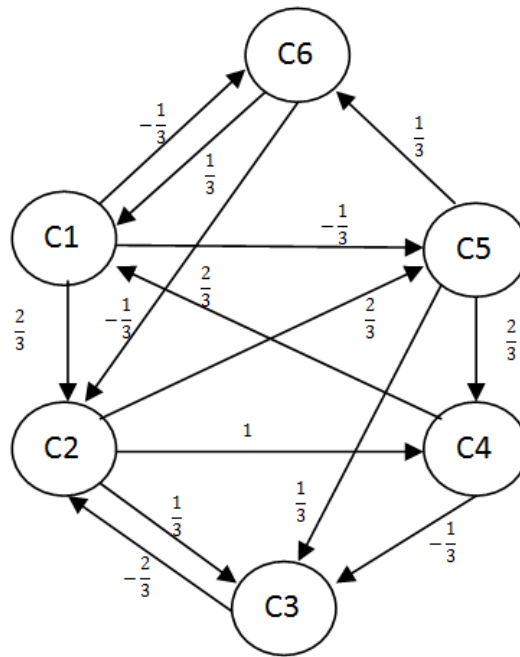


Figura 2.12. Adición de mapas cognitivos

$$F = (1/3)(F1 + F2 + F3) = (1/3) \begin{bmatrix} 0 & 2 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Figura 2.13. Adición de tres matrices de adyacencia



### 2.5.3. Mapas cognitivos difusos anidados

El MCD puede combinar acciones simples para modelar comportamiento inteligente. Cada nodo puede controlar su propio MCD simple en un anidado. Anidar MCD's puede modelar el proceso como una red de maquinas de estados finitos con ciclos binarios.

El anidamiento del MCD se extiende a cualquier número de conjuntos difusos para las entradas. Un concepto puede dividirse en subconjuntos o subconceptos, esto conduce a una salida multivaluada discreta por cada nodo[44].

$$C_j = U^{(N_j)} Q_{ij} \quad (2.19)$$

## 2.6. Metodologías y modelos de mapas cognitivos difusos

### 2.6.1. Mapas Cognitivos Difusos Basados en Reglas

Los Mapas Cognitivos Difusos basados en Reglas (MCD-BR) es esencialmente un estándar de reglas basadas en un sistema difuso, donde se puede agregar retroalimentación y mecanismos de acuerdo con las relaciones causales. Esto consiste de nodos difusos y una base de reglas difusas. Cada concepto contiene varias funciones de membresía que representa todos los valores posibles de los conceptos o de los posibles valores de los cambios[29]. MCD-BR es método innovador y sincronizado con propagación de incertidumbre. MCD-BR propone tipos adicionales de relaciones entre conceptos estos pueden ser: causal, inferencia, alternativas, probabilística, oposición, conjunción, entre otras.

El modelador MCD-BR representa el tiempo de diferentes maneras y debe ser capaz de identificar el tiempo implícito en cada relación. El Tiempo Base (Tiempo B) representa el nivel más alto de detalle temporal que una simulación puede proporcionar al modelo MCD-BR. El Tiempo B siempre debe estar implícito mientras se diseña cada regla en MCD-BR, porque el Tiempo B puede tener diferentes

significados en el transcurso del tiempo[6].

### 2.6.2. Redes Cognitivas Dinámicas

Redes Cognitivas Dinámicas (RCD) son una extensión sistemática de los mapas cognitivos difusos. Cada concepto en RCD puede tener su propio conjunto de valores dependiendo de la precisión como sea descrita en la red. Redes Cognitivas Dinámicas (RCD) mejora a lo MCD por la cuantificación, los conceptos y la introducción de funciones no lineales, dinámicas en los procesos de inferencia [34].

Las DCNs son capaces de modelar la naturaleza dinámica de los procesos causales y realizar inferencia robusta. La RCD se basa en el marco laplaciano para representar las relaciones causales. La transformación entre conocimiento difuso y funciones laplacianas impone más esfuerzos a los modificadores de RCD [6].

Al igual que los MCD, los conceptos en RCD pueden ser causas o efectos que colectivamente representan el estado del sistema. Un concepto se distingue de otros por sus propiedades porque son conceptos importantes en sistemas complicados y se necesita que se especifiquen con más detalle para precisar los puntos fuertes.

### 2.6.3. Mapas Cognitivos Difusos Grises

Un Mapas Cognitivos Difusos Grises (MCDG) es una generalización basada en MCD diseñada para ambientes con alta incertidumbre, bajo conjuntos discretos de datos incompletos y pequeños y se basa en la teoría de sistemas grises[6].

Un MCDG representa el conocimiento no estructurado a través de causalidades expresado en términos imprecisos y las relaciones grises entre ellos. Los nodos MCDG son variables que representan conceptos (nítidos o borrosos). Las relaciones entre los nodos están representadas por bordes o arista que unen dos nodos y modela la influencia causal que se dirige de la variable causal sobre la variable de efecto y es capaz de cuantificar la influencia gris de las relaciones entre los conceptos. Dado que los MCDG son híbridos mezclan dos métodos sistemas grises y redes neuronales[31].

#### 2.6.4. Mapas Cognitivos Difusos Intuicionistas

Los Intuicionistas MCD's (MCDI's) hacen frente a la incapacidad de los MCDs para co-evaluar la vacilación introducida en problemas modificados por hechos imperfectos, indecisión y la falta de información[19]. MCDI es eficaz con valores numéricos y ejemplos reproducibles en procesos de control y soporte de decisiones.

MCDIs incluyen el Conjuntos Difusos Intuicionistas (CDI) para manejar la incertidumbre de los expertos en sus juicios. Mejora los MCDs convencionales a través de la teoría intuicionista, modela el grado de vacilación en las relaciones definidas por los expertos. Los expertos proponen las relaciones causa-efecto entre dos conceptos, grado en que el experto vacila en expresar esa relación. CDI es una generalización de los conjuntos difusos convencionales, ya que el grado de pertenencia al CDI es un valor lógico difuso, en lugar de un solo valor de verdad[6].

#### 2.6.5. Mapas Cognitivos Difusos Dinámicos Aleatorios

Los Mapas Cognitivos Difusos Dinámicos Aleatorios (MCDDA) mejoran los MCD's convencionales con la probabilidad de activación de los nodos e incluyendo una función dinámica no lineal dentro del proceso de inferencia [24]. La principal propuesta de los DRFCM se centra en las relaciones causales dinámicas. El peso de los bordes se actualiza durante el tiempo de ejecución dinámico de los MCD's para adaptar mejor a las nuevas condiciones.

Similar a un MCD, los conceptos en MCDDA pueden ser causas o efectos que colectivamente representan el estado del sistema. Si no existe una relación entre ellos, los conceptos cuantitativos permiten que la inferencia de MCDDA se realice a través de cálculos numéricos en lugar de un procedimiento deductivo[25].

#### 2.6.6. Redes Cognitivas Difusas

Los Redes Cognitivas Difusas (RDC's) son una extensión de los MCD's [43]. Los pesos se actualizan en cada iteración y proporcionan una convergencia más rápida. Las FCN almacenan las operaciones anteriores en una base de datos de reglas difusas evitan la interferencia con la actualización del sistema. Los RCD's siempre obtienen puntos de equilibrio continuo diferencial con función de activación sigmoide-Like

con propiedades no expansivas (o incluso contractivas). La matriz de adyacencia de RCD's se extrae de los datos históricos del sistema físico, además los FCN están en continua interacción con el sistema modelado. La principal contribución es el mecanismo de actualización que recibe retroalimentación del sistema y su almacenamiento del conocimiento a lo largo de la dinámica del sistema[6].

### 2.6.7. Mapas Cognitivos Difusos Evolutivos

Los Mapas Cognitivos Difusos Evolutivos (MCD-E) simulan estados de conceptos en tiempo real [48]. Su uso se examinó para modelar la compleja y dinámica relación causal de las variables del entorno. MCD-E modela cada valor de estado temporal, que se denomina estado evolutivo en el proceso en curso. Los estados de los nodos evolucionan en tiempo real, basados en sus estados internos, asignación externa, incluso causalidades externas. Los nodos actualizan sus estados internos de forma asíncrona con una pequeña probabilidad de mutación[6].

### 2.6.8. Mapas Cognitivos Difusos de Tiempo

Mapas Cognitivos Difusos de Tiempo (MCDT) es una extensión de los MCD's que incluye el tiempo en el borde del nodo [30]. Los MCDT's modelan el retardo de la influencia entre el nodo presináptico sobre el postsináptico. Las relaciones entre un par de nodos tiene un dos valores, el peso convencional y el retraso de tiempo.

MCDT introduce nodos ficticios para preservar el valor y traduce el MCDT con retrasos de tiempo, en los retardos de unidad de tiempo. También permite comparar los resultados entre la dinámica del modelo de MCDT y MCD para analizar los efectos del sistema en el tiempo de espera[6].

---

## Capítulo 3

# Metodología

En este capítulo se explica el modelo propuesto del sistema, los métodos y herramientas utilizadas para su correcto desarrollo. En medicina veterinaria la toma de decisiones médicas puede considerarse un proceso largo y difícil ya que se basa en conocimiento experto para llevar a cabo un buen diagnóstico médico. Los mapas cognitivos difusos han recibido una creciente atención para la representación del conocimiento causal, siendo de especial utilidad para la representación del conocimiento en el área médica. El presente trabajo propone un modelo basado en mapas cognitivos difusos, con el objetivo de proporcionar modelos causales que sean fácilmente comprensibles.

### 3.1. Modelo propuesto

El modelo formal consta de los conceptos, elementos y procedimientos para crear el modelo de decisión médica basado en mapas cognitivos, con los cuales se busca representar y estimar un fenómeno causal desde un punto de vista médico. Esta investigación está orientada a la obtención de conocimientos y al desarrollo de una aplicación que dé solución a uno de los problemas al cual se enfrentan un MVZ al interpretar análisis clínicos. El mismo tiene como propósito fundamental mejorar la interpretación de los resultados. Las fases incluidas en el modelo propuesto se representan gráficamente en la Figura 3.1 y son detalladas a continuación:

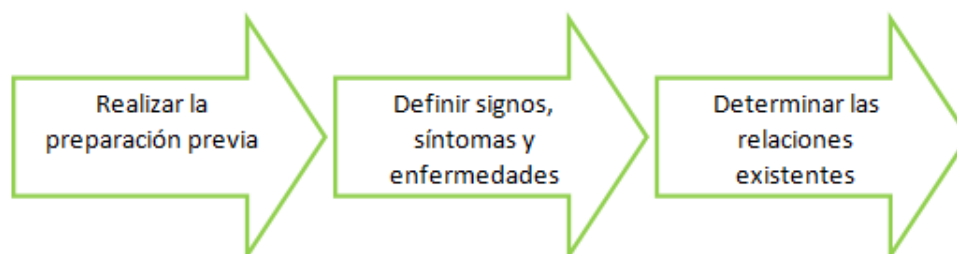


Figura 3.1. Fases del modelo propuesto

### 3.1.1. Realizar la preparación previa

Un sistema avanzado de apoyo basado en la decisión médica, debe ser capaz de extraer el conocimiento causal del médico, y construir una base de conocimiento causal e inferencia a través de éste. Para poder desarrollar una aplicación de esta magnitud, lo primero que se hizo es una ardua investigación sobre los siguientes temas:

- Tipos de análisis clínicos.
- Enfermedades que se pueden diagnosticar con los análisis clínicos.
- Enfermedades por raza.
- Enfermedades por sexo.
- La importancia de la anamnesis y la exploración física para el diagnóstico.

De acuerdo a la investigación se determinó, utilizar lógica difusa y mapas cognitivos difusos, porque se manejan muchas variables lingüísticas y al usar MCD se puede utilizar conceptos (o variables que representan una idea) y relaciones (que indican como los conceptos se afectan unos con otros). Se ha determinado manejar una pequeña base de datos para que el médico pueda guardar, modificar, eliminar los datos del paciente y verificar cuando sea necesario el diagnóstico.

### 3.1.2. Definir síntomas, signos y enfermedades

Los conceptos se forman mediante la sucesión de cuatro actividades cognitivas: análisis, abstracción, síntesis y generalización, estas actividades descomponen, destacan e integran las propiedades del objeto para después extender dichas propiedades a otros objetos. Los conceptos son concretos cuando designan objetos y son abstractos cuando reflejan propiedades de los objetos o fenómenos, o bien cuando destacan relaciones entre ellos. Así mismo, los conceptos son expresados por medio de las palabras de un lenguaje. Cuando la palabra se usa para designar a un objeto, fenómeno, propiedad o relación, se denomina término[9].

Se ha recurrido al uso de los Mapas Cognitivos difusos MCD, porque no se requiere de extensivos cálculos matemáticos complejos para obtener nuevos estados o resultados, predicen acciones futuras que afecten directamente al sistema. Los mapas cognitivos difusos son una herramienta valiosa para analizar relaciones entre conceptos y para modelar sistemas con dinámicas tan complejas que son prácticamente imposibles de modelar mediante ecuaciones matemáticas[16].

Se determinan los síntomas, signos y enfermedades, para el diseño y construcción de los nodos del sistema. En el modelo propuesto se clasifican los nodos de tres formas, los análisis clínicos son nodos de entrada, los síntomas y la exploración son nodos de factores y las enfermedades son nodos de decisión. Esta clasificación permite modelar el problema siguiendo el concepto de los mapas cognitivos difusos competitivos.

La tabla 3.1 muestra 32 conceptos utilizados en el eritograma compuesto por los nodos de entrada y nodos de decisión médica que indican las condiciones médicas que puede presentar el paciente. Los nodos de entrada son valores tomados del examen químico.

La tabla 3.2 muestra 27 conceptos utilizados en el leucograma compuesto por los nodos de entrada y nodos de decisión médica que indican condiciones médicas como inflamaciones e infecciones que puede presentar el paciente. Al igual que el eritograma los valores de los nodos de entrada son tomados de un examen químico.

Tabla 3.1. Conceptos MCD1 Hemograma serie roja o Eritograma.

Concepto	Valores	Concepto	Valores
C1: Eritrocitos	Bajo (< 38) Normal (39-53) Alto (> 54)	C17: Trombocitosis	os valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C2: Hemoglobina	Bajo (< 12) Normal (17-37) Alto (> 17)	C18: Trombocipenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C3: Hematocrito	Bajo (< 5.3) Normal (5.4-7.6) Alto (> 7.7)	D1: Anemia regenerativa	Positivo Negativo
C4: VCM	Bajo (< 63) Normal (64-70) Alto (> 70)	D2: Anemia Hemorrágica aguda	Positivo Negativo
C5: HCM	Bajo (< 21) Normal (22-24) Alto (> 24)	D3: Anemia hemorrágica crónica	Positivo Negativo
C6: CMHB	Bajo (< 33) Normal (33-37) Alto (> 37)	D4: Anemia Hemolítica intravascular	Positivo Negativo
C7: Reticulocitos	Normal (<50,000) Alto (> 50,000)	D5: Anemia Hemolítica extravascular	Positivo Negativo
C8: Proteinas	Bajo (< 5.5) Normal (5.5-7.6) Alto (> 7.6)	D6: Anemia no regenerativa	Positivo Negativo
C9: RDW	Bajo (<12.7) Normal(12.7-15.8) Alto(> 15.8)	D7: Anemia macrocitica	Positivo Negativo
C10: Plaquetas	Bajo (< 217) Normal (217-615) Alto (> 615)	D8: Anemia microcitica	Positivo Negativo
C11: Anemia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D9: Anemia hipocromica	Positivo Negativo
C12: Policitemia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D10: Anemia Hiperchromica	Positivo Negativo
C13: Microcitosis	os valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D11:Ansiocitos	Positivo Negativo
C14: Macrocitosis	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D12: Policitemia vera o primaria	Positivo Negativo
C15: Hiperchromacia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D13: Policitemia Secundarias	Positivo Negativo
C16: Hiperchromacia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D14: Anemia Schanauzer gigante	Positivo Negativo



Tabla 3.2. Conceptos MCD2 Hemograma serie blanca o Leucograma

Concepto	Valores	Concepto	Valores
C19: Leucocitos	Bajo (< 5) Normal (6.0-17.0) Alto (> 18)	C33: Basofilia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C20: Segmentados	Bajo (< 2) Normal (3-11) Alto (> 12)	C34: Linfocitosis	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C21: Banda	Normal (0-3) Alto (> 3)	C35: Linfopenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C22: Eosinófilos	Normal (0-10) Alto (> 10)	C36: Monocitocis	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C23: Basófilos	Normal (0-2) Alto (> 2)	C37: Monocipenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C24: Linfocitos	Bajo (< 11) Normal (12-30) Alto (> 31)	D15: Leucemia linfoplastica aguda	Positivo Negativo
C25: Monocitos	Normal (<3) Normal (3-10) Alto (> 11)	D16: Leucemia linfoplastica crónica	Positivo Negativo
C26: Leucocitosis	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D17: Inflamación aguda	Positivo Negativo
C27: Leucopenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D18: Inflamación crónica	Positivo Negativo
C28: Neotrofilia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D19: Inflamación extrema o super aguda	Positivo Negativo
C29: Neutropenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D20: Linfocitosis por excitación	Positivo Negativo
C30: Eosinofilia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D21: Linfocitosis por estrés	Positivo Negativo
C31: Eosinopenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	D22: Linfocitosis por leucemia	Positivo Negativo
C32: Basopenia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0		

La tabla 3.3 muestra 15 conceptos que muestran los valores o nodos de entrada de la exploración física del paciente y la anamnesis.

Tabla 3.3. Conceptos de la Exploración Física y Anamnesis.

Concepto	Valores	Concepto	Valores
C38: Temperatura	Hipotermia Baja(< 37°) Normal(< 37,5 – 39°) Moderada(39,5 – 40,5°) Hyperpirexia (> 40,5°)	C46: Raza	Dos valores discretos Es propensa, no es propensa
C39: Frecuencia respiratoria	Bajo (< 13 x min) Normal (14-30 x min) Alto (> 31 x min)	C47: Sexo	Macho Hembra
C40: Color de las mucosas	Rosas pálidas, congestivas, ictéricas, cianóticas	C48: Color	Blanco, Dorado, Negro, rojo, azul, café
C41: Estado de animo	Apático, normal, sobresalto	C49: Vomito	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C42: Condición corporal	Caquético, delgado, normal, sobrepeso, obeso	C50: Diarrea	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C43: Frecuencia cardíaca	Bajo (< 109 X min) Normal (110-140 x min) Alto (> 141 x min)	C51: Hemorragia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C44: Grado de hidratación	No detectable (<5) Moderada (3-10) Severa(6-10) Grave (10-12)	C52: Anorexia	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C45: Retorno capilar	Lento(> 2 seg) Normal(1-2 seg)		

En la tabla 3.4 se especifica 13 conceptos que muestran los conceptos o nodos de entrada del uroanálisis.

Tabla 3.4. Conceptos del Uroanálisis.

Concepto	Valores	Concepto	Valores
C53: Color	Incolora, ámbar, amarillo oscuro, amarilla-verde, rojo-café, rojo-vino, rojo-verde	C60: Cetonas	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C54: Apariencia	Clara, opaca, turbia, focolante	C61: Billirrubina	Normal(0-1) Anormal(2-3)
C55: Densidad	Baja (<1.020) Normal (1.020-1.050) Alta(>1.050)	C62: Leucocitos	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C56: PH	Bajo(<5.5) Normal(5.6-7.6) Alta(> 7,6)	C63: Eritrocitos	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C57: Proteinas	Normal(0-30) Alto(> 30)	C64: Cristales	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C58: Sangre oculta	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0	C65: Bacterias	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0
C59: Glucosa	Dos valores discretos Presencia=1 Ausencia=0		

### 3.1.3. Determinar las relaciones existentes

Como se ha explicado en el capítulo anterior en los MCD existen tres posibles tipos de relaciones causales entre conceptos, es decir causalidad positiva, negativa o que no existe relación.

Cada experto expresa las relaciones haciendo uso de los términos lingüísticos definidos. El peso de la conexión que va del concepto C1 al concepto C86, se representa mediante un conjunto lingüísticos difusos. Se hace usos del conjunto de etiquetas lingüísticas para representar el grado de causalidad entre los nodos.

En la figura 3.2 se muestran las relaciones causales unidireccionales entre los nodos del eritograma, estos son los primeros pasos en el desarrollo de un módulo de un sistema experto, que pueda ayudar a la decisión de procesos, para la representación del conocimiento.

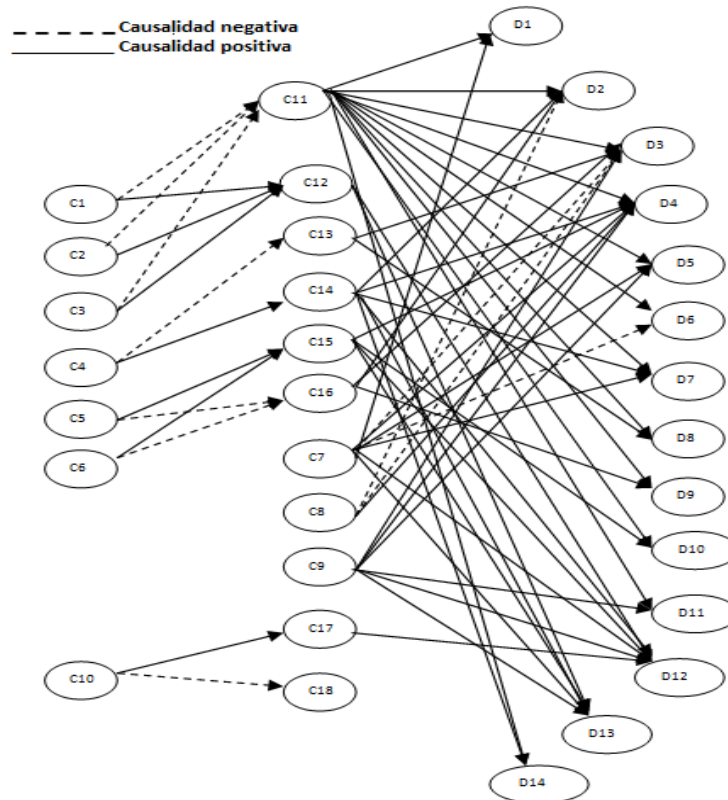


Figura 3.2. Esquema Mapa Cognitivo Difuso del Eritograma

La figura 3.3 muestra el MCD del leucograma. Los pesos de las relaciones o arcos representan una contribución específica de cada factor o a cada uno de los diagnósticos. Un diagnóstico de una condición médica indica la presencia de un factor que tiende a disminuir o aumentar la probabilidad de que un diagnóstico en particular esté activo, depende de la disponibilidad de la información.

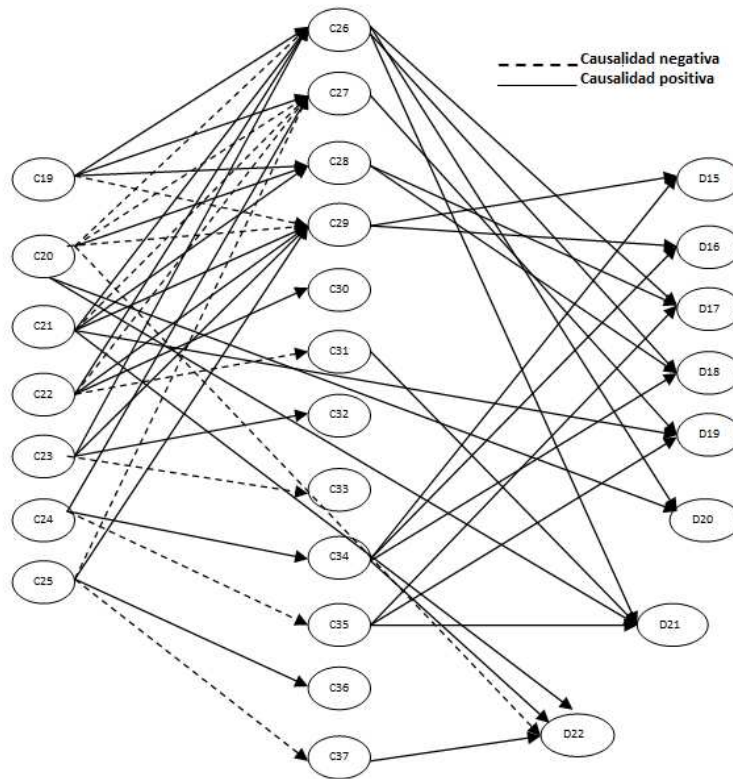


Figura 3.3. Esquema Mapa Cognitivo Difuso del Leucograma

En el comportamiento del sistema se obtiene retroalimentación de los mapas cognitivo partiendo de un estado o entrada inicial, la cual estimula al mapa y sus componentes, produciendo una serie de eventos y salidas, que retroalimentan a otros mapas para generar nuevos estados del sistema en evaluación.

## 3.2. Algoritmo de implicación difusa

El modelo de implicación representa los cambios en el comportamiento de estado. El modelo activa los elementos individuales implicados. Se utilizan conceptos de interés que incluyen operaciones interactivas con la matriz[45].

Algoritmo de estudio del modelo de implicación.

Inicio

Paso 1: leer el vector de entrada  $I(t)$ .

Paso 2: dar la matriz de conexión  $E$ .

Paso 3: calcular la salida del vector  $O(t) = I(t) * E$

Paso 4: aplicar el umbral al vector de salida.

$$O(t) \cong I_{(t+1)}$$

Paso 5: si  $(I_{(t+1)} = I_t)$ , alto  
en otro caso Ir al paso 1.

Fin

Al estudiar el estado final de las iteraciones, se puede inferir sobre el modelo. Un equilibrio en el sistema se logra cuando se tiene un conjunto de patrones repetidos. La repetición de patrones pueden ser puntos fijos o ciclos limitados o un atractor caótico. El punto fijo es un solo patrón recurrente tal como  $A_4 \Rightarrow A_4$  en el patrón  $A_1 \Rightarrow A_2 \Rightarrow A_3 \Rightarrow A_4 \Rightarrow A_4 \Rightarrow A_1$ . Un “ciclo límite” es un conjunto de múltiples repetición de patrones tales como  $A_3 \Rightarrow A_4 \Rightarrow A_5$  en el patrón  $A_1 \Rightarrow A_2 \Rightarrow A_3 \Rightarrow A_4 \Rightarrow A_5 \Rightarrow A_3 \Rightarrow A_4 \Rightarrow A_5$ . Un atractor caótico es un ciclo límite que consiste en repetir patrones de diferentes longitudes.

## 3.3. Diseño de la interfaz

La interfaz de usuario es un medio que permite al MVZ comunicarse con el sistema. La interfaz, en este caso, está compuesta por un pequeño diseño que permite al usuario comunicarse con el sistema causal difuso de una manera más amigable, la

interfaz envía y recibe información para una oportuna toma de decisiones médicas. Lo que se pretende con este diseño de la interfaz es:

- Que la clínica veterinaria tenga una herramienta adicional y más eficiente al momento del diagnóstico.
- Un sistema con módulos perfectamente integrados e interrelacionados.
- Alcanzar el mayor grado de satisfacción dentro del conjunto de sus necesidades y especificaciones.
- Rápida introducción al sistema y facilidad de uso.

El sistema es muy complejo, ya que reúne un conjunto de acciones de un sistema inteligente que deben responder a un proceso clínico, es decir dar respuesta acertada al médico para obtener el mejor diagnóstico.

Los requisitos que debe cumplir el sistema son:

- Satisfacer la necesidad del médico.
- Herramienta habitual o cotidiana de uso.
- Adecuada a sus gustos y preferencias.
- Facilidad de uso.
- Intuitivo.
- Confiable.
- Con garantías de soporte técnico.
- Con garantías de mantenimiento.
- Tiempo de respuesta.
- Almacén de los datos a nivel local.
- Copias de seguridad.

Los datos del sistema son almacenados en una base de datos, estos, son utilizados en el sistema causal para el diagnóstico de enfermedades, la información obtenida después de la inferencia es almacenada en la base de datos para ser revisada por el usuario en cualquier momento.

Al diseñar una base de datos, en primer lugar debe dividir la información que desea almacenar, cómo se relacionan los datos para que pueda recuperar la información correcta cuando sea necesario. Si mantiene la información en tablas separadas facilitará la organización y el mantenimiento de los datos.

### El Modelo Entidad-Relación

El modelo de datos entidad-relación (E-R) se desarrollo para facilitar el diseño de las bases de datos, permitiendo las especificación de un esquema de la empresa, que representa la estructura lógica global de la base de datos[11].

Se elabora el diagrama entidad-relación para modelar las listas de atributos de la base de datos. El modelado del diagrama entidad-relación permite mostrar resultados entre otras entidades pertenecientes a las existentes.

En la figura 3.4 se puede observar las entidades, los atributos de cada entidad en el sistema, así como las relaciones entre ellas, la cardinalidades, la llaves primarias, las entidades fuertes y débiles de la base de datos.

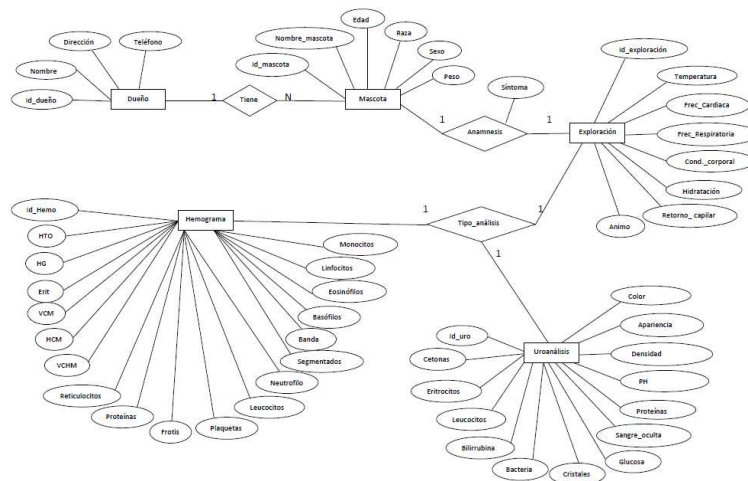


Figura 3.4. Diseño del diagrama entidad-relación de la base de datos

### El modelo Relacional

El modelo relacional, para el modelado y la gestión de bases de datos, es un modelo de datos basado en la lógica de predicados y en la teoría de conjuntos. Algunas de las ventajas al realizar un diagrama relacional son: evitar la duplicidad de los registros, garantiza la integridad referencial, así, al eliminar un registro elimina todos los registros relacionados dependientes y favorece la normalización.

La figura 3.5 se puede observar el diseño relacional de la base de datos del sistema. La estructura de las bases de datos relacionales consisten en conjunto de tablas a las que se les asigna un nombre exclusivo, cada fila de la tabla representa una relación entre un conjunto de los valores. Se puede decir de manera informal que cada tabla es un conjunto de entidades y cada fila una entidad, es decir, determina la identidad de la relación y qué tipo de información podrá ser almacenada dentro de ella [11] [47].

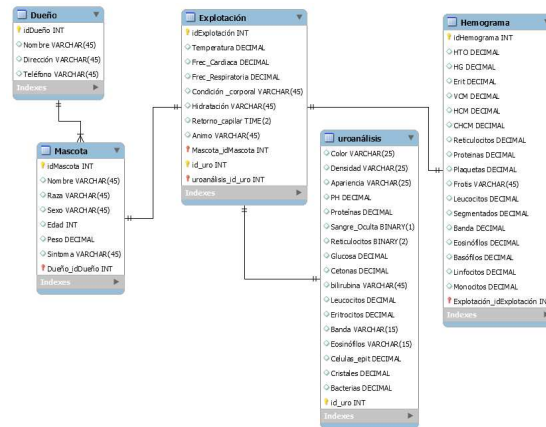


Figura 3.5. Modelo relacional de la base de datos.

### Diseño del prototipo de la interfaz

El prototipo permite explicar o predecir comportamientos del sistema y tomar las decisiones adecuadas para ser modificado. La interfaz presenta la información al usuario y le permiten la interacción con la información y con la computadora.

Los prototipos son representaciones de entre media y alta fidelidad del producto final(sistema final); simulan la interacción de la interfaz de usuario. Por tanto, un



prototipo tiene que permitir al usuario lo siguiente:

- Experimentar el contenido y las interacciones con la interfaz.
- Probar las principales interacciones de una manera similar al producto final.

En la figura 3.6 se muestra el diseño del prototipo del alta de pacientes, la ventana del inciso (a) muestra la ventana principal de alta, el inciso (b) se dan de alta los datos del paciente, el inciso (c) se capturan los datos de los análisis clínicos y el inciso (d) muestra el diagnóstico efectuado por el sistema.

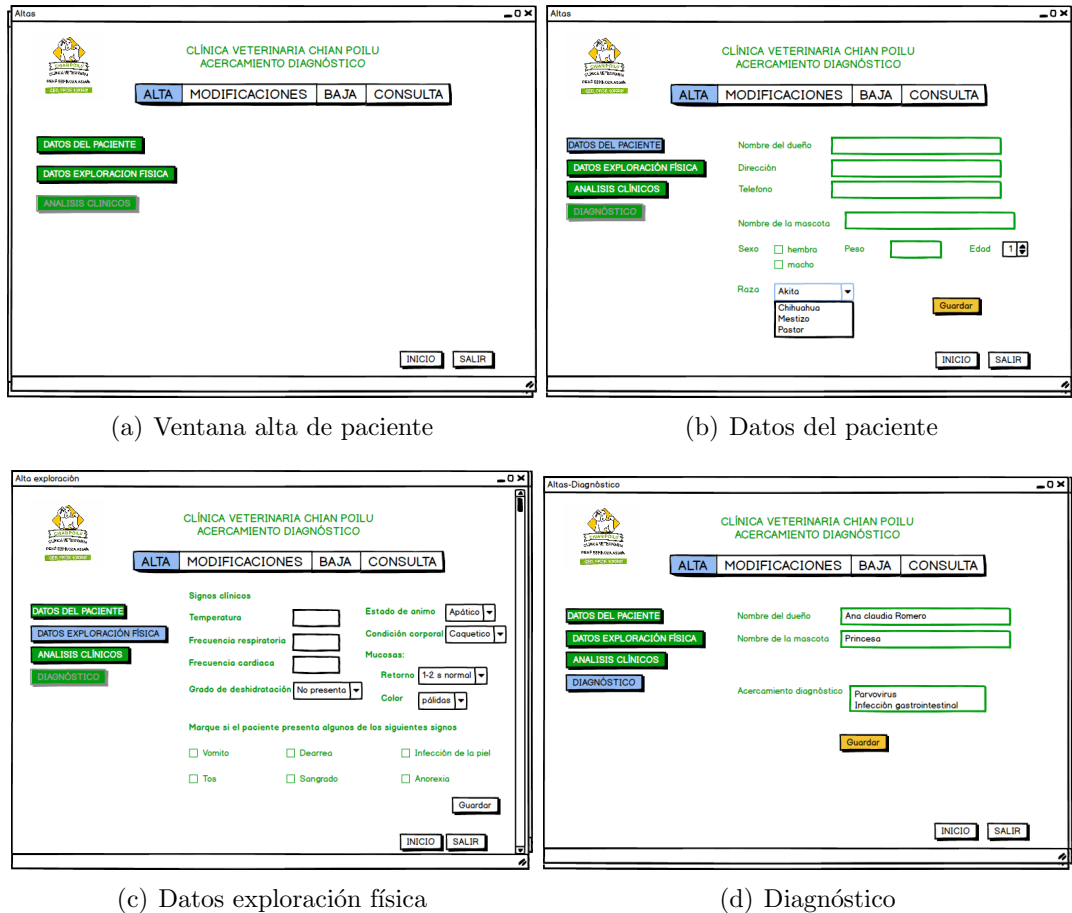
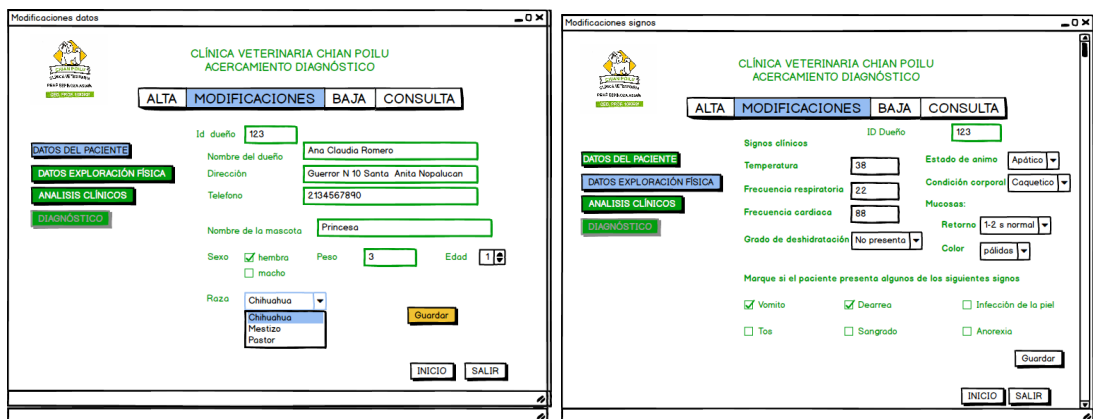


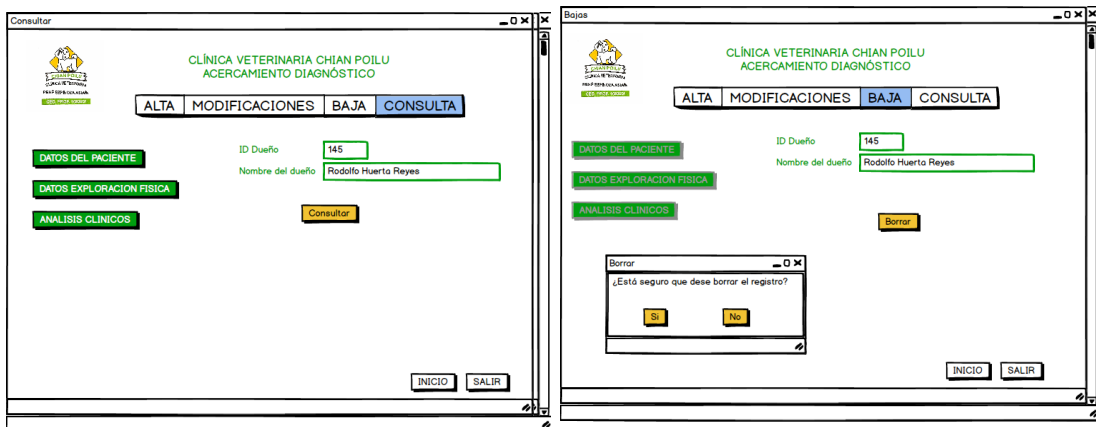
Figura 3.6. Prototipo alta del paciente.

En la figura 3.7 se puede observar el diseño del prototipo de las modificaciones, consultas y bajas del sistema, la ventana del inciso (a) muestra las modificaciones que se realizan a los datos del paciente, el inciso (b) son las modificaciones a los análisis clínicos, el inciso (c) son las consultas o búsquedas del paciente, el inciso (d) muestra la ventana de baja del paciente.



(a) Ventana alta de paciente

(b) Datos del paciente



(c) Datos exploración física

(d) Diagnóstico

Figura 3.7. Prototipo modificación, baja y consulta del paciente.

---

## Capítulo 4

# Pruebas y Resultados

La estructura de los mapas cognitivos se basa en grafos dirigidos difusos, con el fin de representar el razonamiento causal de un determinado ambiente o fenómeno. Los Mapas cognitivos al tener la característica difusa, permite evaluar y calcular grados de causalidad entre conceptos o elementos de un sistema poco claro, con la gran ventaja de que su estructura de grafo, les permite una propagación y relación sistemática de las causas y efectos de cada elemento (nodo) que lo compone.

### 4.1. Pruebas

Los MCD's, son ideales para modelar sistemas de retroalimentación, con altos grados de causalidad e incertidumbre entre sus componentes, los grados de causalidad están comprendidos en un intervalo de 0 a 1. El comportamiento del sistema, se obtiene mediante la retroalimentación al mapa cognitivo partiendo de un estado o entrada inicial, el cual estimulará al mapa y sus componentes produciendo una serie de eventos y salidas, que suministran al mapa del nivel más alto, para generar nuevos estados en el sistema, es decir para la generación de un diagnóstico [16].

La forma ideal de representar a un MCD es a través de una matriz de adyacencia, en la cual se asigna y se almacena la información de las conexiones entre nodos. Las salidas de los mapas cognitivos, se obtienen por medio de una multiplicación matricial, del vector de entrada por la matriz que contiene los pesos o conexiones dando como resultado un vector de salida, que a su vez, este vector actualiza al vector

de entrada en el siguiente ciclo, el proceso termina cuando el vector de entrada es igual al vector de salida, es decir que después de varios ciclos el vector de salida no cambia.

Las variables o nodos de entrada se identificaron en el capítulo 3, los conjuntos difusos de dichas variables de acuerdo a la opinión de los expertos permiten calcular el grado de pertenencia que se estiman sobre los nodos de decisión, para calcular las entradas del sistema se utiliza la función trapezoidal ayudará a decidir la condición médica del paciente. La figura 4.1 describe el concepto de entrada eritocitos del eritograma.

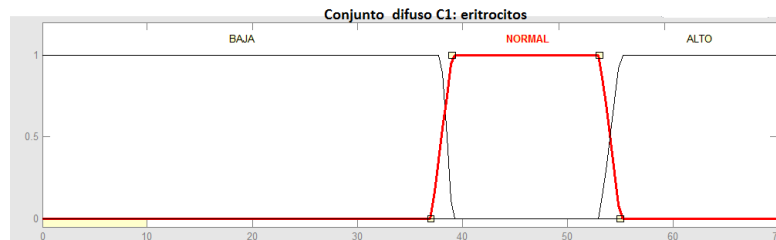


Figura 4.1. Conjunto difuso eritocitos.

Los conceptos identificados en el capítulo 3 mantienen relaciones entre sí, para determinar el proceso de evaluación de las condiciones médicas o enfermedades. Después de determinar los conjuntos difusos los expertos definen el grado de influencia entre los conceptos y describen la relación con la regla *IF-THE*.

A continuación se muestran algunos de los valores que los expertos dan o sugieren a las conexiones entre un concepto y un nodo de decisión.

Concepto C11: Anemia.

Experto 1:

*SI* los concepto de entrada C1(Hematocrito), C2(Hemoglobina) y C3(Eritrocitos) disminuyen moderadamente *ENTONCES* se activa el concepto de C11.

Inferencia: estos conceptos afecta significativamente a C11.

Experto 2:

*SI* los concepto de entrada C1(Hematocrito), C2(Hemoglobina) y C3(Eritrocitos) disminuyen moderadamente. *ENTONCES* se activa el concepto de decisión D1.

Inferencia: estos conceptos afectan a C11.

Experto 3:

SI los concepto de entrada C1(Hematocrito), C2(Hemoglobina) y C3(Eritrocitos) disminuyen moderadamente. *ENTONCES* se activa el concepto de decisión D1.

Inferencia: estos conceptos afectan totalmente a C11.

De acuerdo con los expertos se puede concluir que los conceptos 1,2 y 3 influyen totalmente al concepto C11, el valor o peso asignado a estas interconexiones es determinado por los expertos y se asigna -1 a cada una de éstas como lo muestra la figura 3.2 del capítulo 3. El concepto C11 puede determinar algunas condiciones médicas que se presentan en el eritograma y que en conjunto con el eritorama pueden determinar alguna enfermedad.

#### 4.1.1. Etapa de aprendizaje

En esta fase de aprendizaje se tomó en cuenta la investigación hecha sobre la relación que tienen entre sí las variables de los exámenes de laboratorio para diagnosticar una condición médica, así como la relación que hay entre la enfermedad, los signos clínicos y exploración física. Esta etapa es muy laboriosa, porque se necesita llenar la base de conocimiento, con los respectivos valores que el especialista o experto (Médico veterinario, Químicos farmacobiólogos y literatura especializada) designa a cada factor del sistema.

Las figuras 3.3 y 3.2 del capítulo 3 muestran el diseño del Mapa Cognitivo Difuso 1 (eritograma) y del Mapa Cognitivo Difuso 2 (leucograma), sus matrices de adyacencia correspondientes se pueden observar en las figuras 4.2 y 4.3 respectivamente. Las matrices muestran las relaciones causales o conexiones que existen entre los nodos del sistema; las relaciones son dadas por los expertos, con el propósito de simular o analizar los escenarios que se pueden presentar en el estado de salud de una mascota.

Los conceptos o nodos de entrada del Eritograma se definen del concepto C1 al C10, los nodos de decisión indican una condición médica e reporta si existen anemias, policitemias o hemorragias, éstas están señaladas del nodo o concepto de decisión D1 al D14. Es importante mencionar que en la emisión del examen de laboratorio,

el Químico solo reporta condiciones médicas que el sistema señala del nodo C11 al C18.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14			
C1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
C2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-1	1	1	-1	1	0	0	0	0	1	1	0	0		
C8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0		
C10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0		
C12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0		
C13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
C14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0		
C15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
C16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
C17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
C18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.2. Matriz de adyacencia del Eritograma

Los conceptos o nodos de entrada del Leucograma están definidos de manera similar al Eritograma y se indican del nodo C19 al C37, los nodos de decisión señalan una condición médica, como infecciones o inflamación en el paciente, estos se muestran del nodo de decisión D15 al D22. El sistema en el nodo C26 al C36 indica condiciones médicas que el Laboratorio clínico reporta en el examen químico.

	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	D15	D16	D17	D18	D19	D20	D21	D22
C19	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C20	0	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	-1
C21	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
C22	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
C26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
C27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
C28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
C29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
C30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
C35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
D15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4.3. Matriz de adyacencia del Leucograma

### 4.1.2. Etapa de funcionamiento

Los MCD's tienen umbrales que rápidamente convergen en ciclos límites estables o puntos fijos. Estos ciclos límites muestran “patrones ocultos” en la red causal del MCD[10].

El sistema se conduce a un ciclo límite cuando el estado de la entrada alimenta a la red del MCD. A continuación se muestra el comportamiento del sistema con el MCD1 unidireccional del Eritograma. En el inicio de la etapa de funcionamiento,





Después de la multiplicación se obtiene el siguiente vector de salida, que se convertirá en cada ciclo en el vector de entrada mientras el MCD no converja en un ciclo. El vector A0s, es el vector antes de aplicar el umbral de salida.

$$A0s = \{0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,3,-3,1,-1,-2,2,-1,1,0,-1,2,0,-1,0,0,0,0,-1,-1,-1,0 \}$$

Se implementa la función de umbral para la conversión binaria del vector de salida, como la muestra la ecuación 4.1.

$$O(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x > 1 \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases} \quad (4.1)$$

El paso siguiente es utilizar el vector de entrada en la etapa (t + 1) como lo muestra el algoritmo de implicación en el capítulo 3.

La tabla 4.1 muestra los resultados del vector de salida antes y después de aplicar el umbral de salida; éste converge en el la iteración 3, porque después de ese ciclo el vector de entrada no cambia. Se realizaron pruebas desde 25,50 y 100 interacciones para confirmar que el sistema converge en un ciclo límite.

Tabla 4.1. Vectores de salida del Eritograma.

Iteración	Vector de salida
1	A0*E1 = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,3,-3,1,-1,-2,2,-1,1,0,-1,2,0,-1,0,0,0,0,-1,-1,-1,-1,0 }
	A1 = {0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 }
2	A1*E1 = {0,1,2,2,1,1,1,1,2,1,1,1,0,0,1 }
	A2 = {0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0 }
3	A1*E1 = {0,1,2,2,1,1,1,1,2,1,1,1,0,0,1 }
	A3 = {0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0 }
4	A3*E1 = {0,1,2,2,1,1,1,1,2,1,1,1,0,0,1 }
	A4 = {0,1,1,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0 }

El vector final de Eritograma da como resultado tres condiciones, D3=anemia hemorrágica, D4= anemia hemorrágica crónica D8=anemia microcítica.



decir los datos de la exploración física y los síntomas para tener un diagnóstico más aproximado.

Existe muchas diferencias entre los expertos al interpretar exámenes de laboratorio, todos tienen criterios distintos y otorgan un valor mayor o menor a cada elemento del examen.

La figura 4.5 muestra los resultados del hemograma que es emitido por el experto (Químico Fármaco Biólogo) y los interpreta en una nota adicional a los resultados del examen, en este caso son: ansiocitosis, neutropenia, leucopenia y plaquetopenia (llamada también trombocipenia).

Fórmula Roja		RESULTADO	VALORES DE REFERENCIA	
Eritrocitos.....	6.79	millones/ $\mu$ L	5.5	8.5
Hemoglobina.....	14.9	gr/dL	12.0	18.0
Hematocrito.....	43.8	%	37.0	55.0
Volumen Globular Medio.....	64.5	fL	62.0	74.0
Conc. Media de Hb.....	21.9	pg	22.0	27.0
Conc. Media de Hb Corpuscular.....	34.0	gr/dL	32.0	36.0
Índice de Distribución de Eritrocitos (RDW).....	15.1	%	11.5	15.0
Plaquetas.....	27.0	$\times 10^3/\text{mm}^3$	200.0	500.0
Fórmula Blanca		ABSOLUTOS		
Leucocitos Totales.....	1.8	$\times 10^3/\text{mm}^3$	1,800 / $\mu$ L	5,000 - 18,000
Neutrófilos Totales.....	86	%	1,548 / $\mu$ L	3,800 - 13,320
Neutrófilos Segmentados.....	75	%	1,350 / $\mu$ L	3,600 - 13,320
Neutrófilos en Banda.....	11	%	198 / $\mu$ L	0 - 540
Metamielocitos.....	0	%	0 / $\mu$ L	0 - 0
Mielocitos.....	0	%	0 / $\mu$ L	0 - 0
Promielocitos.....	0	%	0 / $\mu$ L	0 - 0
Blastos.....	0	%	0 / $\mu$ L	0 - 0
Eosinófilos.....	0	%	0 / $\mu$ L	120 - 1800
Basófilos.....	0	%	0 / $\mu$ L	0 - 100
Monocitos.....	1	%	18 / $\mu$ L	180 - 1800
Linfocitos.....	13	%	234 / $\mu$ L	720 - 1,800

Nota: Anisocitosis (+), Leucopenia, Neutropenia, Plaquetopenia.

Figura 4.5. Hemograma emitido por el experto(Químico)

Los resultados del sistema en el hemograma son:

Eritograma: trombocipenia, ansiocitosis.

Leucograma: en el tercer ciclo muestra leucopenia, neutropenia e inflamación aguda.

La figura 4.6 se compara los resultados de los mapas internos con el examen químico, la ventaja de evaluar estos mapas es que, no solo indican la condición del paciente al comparar los valores, si no que evalúa las relaciones entre las condiciones para tener un diagnóstico más acertado.

El médico veterinario observa los resultados obtenido por el químico pero adicional al criterio del químico, los MCD's indican que el paciente presenta una posible inflamación, uniendo estos datos con los demás conceptos del mapa superior se obtiene

un diagnóstico más acertado.

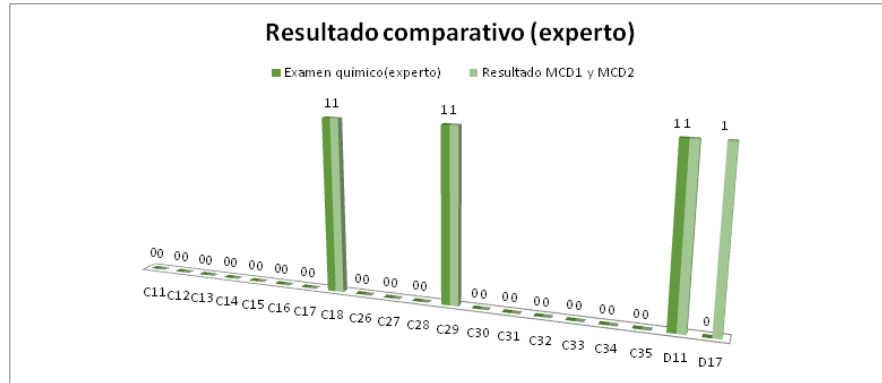


Figura 4.6. Gráfico comparativo(experto)

La figura 4.7 muestra los resultados del hemograma serie roja(eritograma) del libro de Análisis clínicos en pequeños animales [5], los datos son tomados para comparar la solución que emite el MCD1.

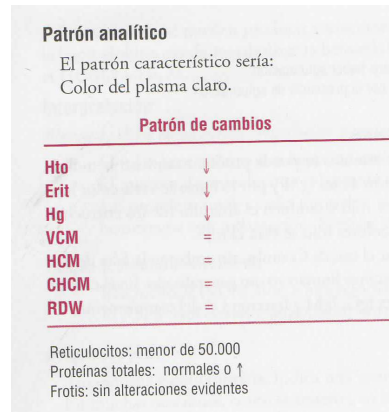


Figura 4.7. Eritograma emitido por el experto (Libro).

Los resultados del MCD1 (eritograma ) con los datos del libro son: en la interacción dos conduce inmediatamente a Anemia, como existen diferentes anemias la iteración tres indica que el paciente presenta todas las anemias escritas en la tabla 3.1, la última interacción en la que converge el MCD1 da como solución anemia no regenerativa.

La figura 4.8 muestra un gráfico comparativo obtenido del libro y del MCD1, se llega a la conclusión de que la condición médica que se recibe del MCD1 es igual a la que emite el Libro.

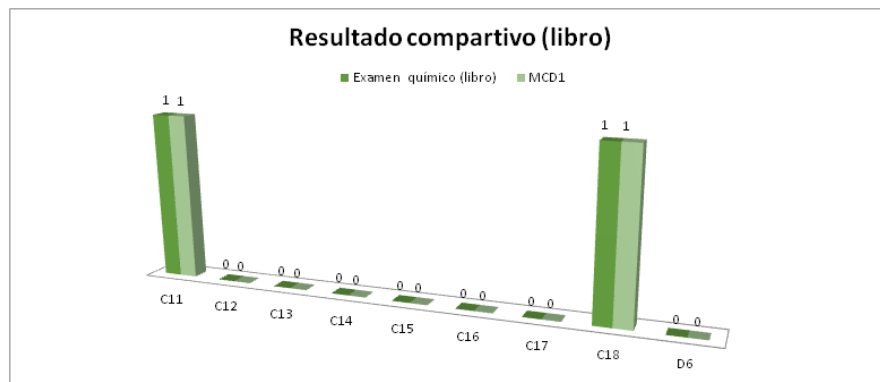


Figura 4.8. Gráfico comparativo (Libro).

## 4.2. Resultados

En la figura 4.9 se ilustra el diagrama del modelo propuesto para el diagnóstico de enfermedades.

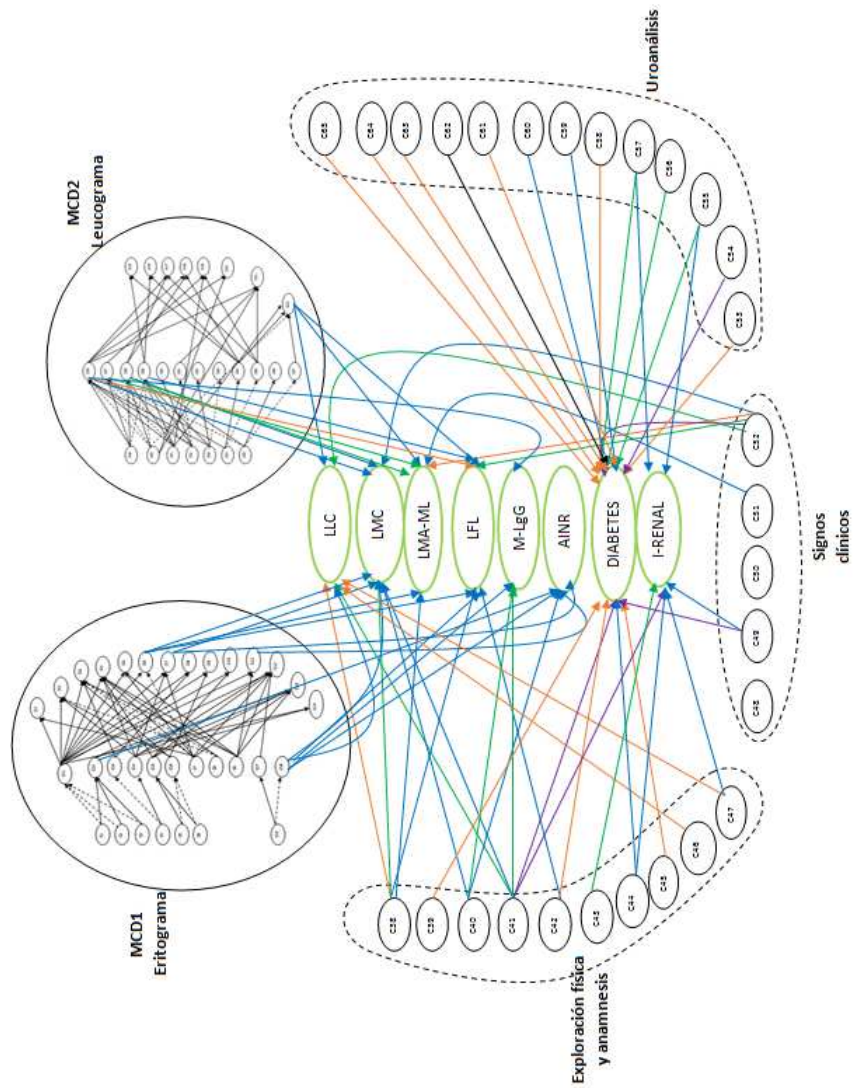


Figura 4.9. Jerarquía de mapas cognitivos difusos

En el mapa describe un sistema complejo que evalúa primero los mapas internos MCD1 y MCD2, como entrada del sistema, ambos representan un hemograma; en caso de tener que evaluar un uroanálisis el sistema solo interactúa con los nodos de la exploración física y los signos clínicos.







La propuesta muestra múltiples ventajas, ya que logra una mayor flexibilidad para que los expertos expresen valoraciones y una mayor interpretabilidad. El modelo utiliza variables que se emplean como términos lingüísticos, el resultado de éstas se determina mediante conjuntos difusos.

La variable lingüística admisible para esta aplicación pueden pertenecer a los conjuntos difusos descrito en la tabla 4.3. Cada conjunto difuso corresponde a una función de membresía triangular mostrada en la Figura 4.10. Se sugieren seis funciones de membresía para describir el grado de influencia de un nodo a otro, y así los expertos pueden determinar en detalle el peso lingüístico para cada interconexión, es decir la influencia de un concepto a otro.

Las funciones de pertenencia o membresía no tiene el mismo tamaño, ya que es importante tener distintos grados.

Las relaciones o la influencia que existe entre los conceptos y la ponderación asignada a estas variables lingüísticas se muestran en la tabla 4.3 y en la figura 4.10.

Tabla 4.3. Variable lingüística influencia.

Términos lingüísticas	Valores o pesos ponderados	Representación
No afecta (NA)	0	
No afecta significativamente (NAS)	0.1	
No afecta considerablemente (NAC)	0.25	
Afecta (A)	0.5	
Afecta considerablemente (AC)	0.75	
Afecta significativamente (AC)	1	

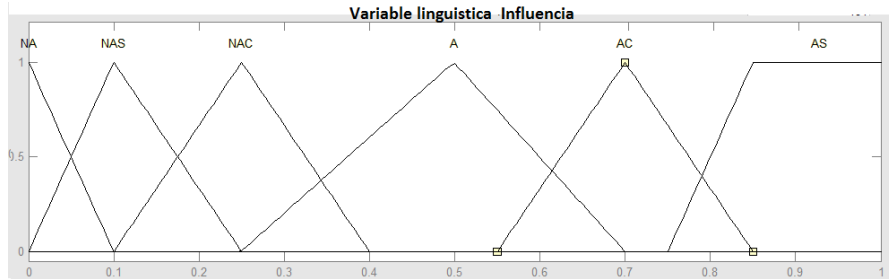


Figura 4.10. Función de membresía (representa la influencia que tiene un nodo sobre otro).

Los 88 conceptos identificados en el sistema se muestran en la figura 4.9 tienen interconexiones entre si, para el proceso de evaluación de los enfermedades y proporcionan una primera decisión en el diagnóstico definitivo sobre la predicción de algunas Leucemias que se diagnostican con el hemograma y diabetes e insuficiencia renal que se valoran con el uroanálisis, de acuerdo a las predicciones de las enfermedades se determinaron los conjuntos difusos pidiendo a los expertos que definieran el grado de influencia (pesos) que los nodos tienen sobre cada enfermedad, como se muestra a continuación:

Concepto E1: LLC (Leucemia Linfocítica Crónica)

Experto 1:

SI el concepto de entrada C38(Temperatura) aumenta moderadamente *ENTONCES* se produce un cambio medio en E1

Inferencia: C38 no afecta significativamente a E1.

Experto 2:

SI en el concepto de entrada C38(Temperatura) aumenta moderadamente *ENTONCES* se produce un cambio medio en E1

Inferencia: C38 no afecta significativamente a E1.

Experto 3:

SI en el concepto de entrada C38(Temperatura) aumenta moderadamente *ENTONCES* se produce un cambio medio en E1

Inferencia: C38 no afecta considerablemente a E1

De acuerdo a lo anterior, se utilizo el mismo enfoque para determinar los pesos del



MCD, construyendo así una parte esencial en el proceso de inferencia, y prediciendo los valores de numéricos de los pesos de acuerdo a los expertos.

La tabla 4.4 muestra las enfermedades que hasta el momento predice el sistema.

Tabla 4.4. Enfermedades.

Enfermedad	Abreviatura	Valores
Leucemia linfocítica crónica	LLC	moderada o severa
Leucemia meloide crónica	LMC	moderada o severa
LMA-ML aleucemica	LMA-ML	moderada o severa
Linfoma en fase de leucemia	LFL	moderada o severa
Mieloma LgG	M LgG	moderada o severa
Diabetes		Aguda o cetónica
Insuficiencia renal	I-renal	Crónica o aguda

Después de la construcción y resultados de las mapas internos, se evalúan las enfermedades, y se realizan simulaciones respecto a los datos disponibles (exámenes químicos, casos clínicos obtenidos de bibliografía y de los expertos).

De la misma forma como se evalúan los mapas internos en la jerarquía de MCD's, se hace con el nivel más alto del mapa, con el fin de determinar una enfermedad de acuerdo a los datos obtenidos. En cada prueba se tiene un vector inicial y un vector final que representa el estado final al que se desea llegar.

El modelo predice la enfermedad que está presente y la severidad que tiene en ese momento. Se realizan la simulación de escenarios con la finalidad de encontrar resultados previstos de acuerdo a los datos disponibles.

En cada una de las pruebas se tiene un vector inicial, que representan el estado de salud o enfermedad del paciente, y un vector final que indica el ultimo estado al que se desea llegar, es decir la interpretación de los resultados(diagnóstico).

Para la interpretación de los resultados se realiza de acuerdo a los siguientes criterios:

$$S(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0,5 \\ \frac{(x-0,5)}{*}100\%, & x > 0,5 \end{cases} \quad (4.2)$$

Donde: 0 representa un concepto nulo y 1 representa que el concepto que esta presenta al cien por ciento. Se determina el vector de entrada que permita estimular al sistema, con los siguientes datos en el vector de entrada

C39=0.4 frecuencia respiratoria  
 C40=0.3 color de las mucosas  
 C42=0.8 condición corporal  
 C43=0.5 frecuencia cardíaca  
 C44=0.5 grado de hidratación  
 C50=0.8 diarrea  
 C51=0.7 hemorragia  
 C52=0.7 anorexia  
 C56=0.3 PH  
 C58=0.2 sangre oculta  
 C59=0.7 glucosa  
 C61=0.9 bilirubina  
 C62=0.7 Leucocitos

$A0=\{0,0.4,0.3,0.8,0.5,0.5,0.8,0,0,0,0,0,0.7,0.7,0,0,0,0.3,0,0.2,0.7,0,0.9,0.7,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0\}$

Con vector de entrada se analizan los resultados obtenidos sobre la reacción y estímulo que el vector tiene sobre la matriz del MCD, para esto se utiliza la función de activación de la ecuación 4.2.

Después de la multiplicación matricial y de la función activación realiza la siguiente operación con todos los vectores de salida hasta que estos convergen en un ciclo límite 10.

$A10=\{0,0.89,0.271\}$

De igual forma se repite el anterior proceso para los vectores resultantes en cada iteración, tomando como nuevo vector de entrada el vector resultante anterior, y

deteniendo el proceso cuando el vector de entrada y salida sean iguales como se realiza en los mapas internos.

El valor final de los conceptos de salida indican las enfermedades resultante son: Diabetes e insuficiencia renal, con un porcentaje mayor a Diabetes.

Para tener un enfoque mejor sobre si, el sistema funciona correctamente se hizo un estudio comparativo de análisis de orina con el sistema interactivo IAO (interpretación de análisis rápido de orina). El IAO se aproxima a las enfermedades más frecuentes que se pueden diagnosticar desde el análisis de orina.

Los resultados al comparara el sistema son: el sistema IAO solo puede interpretar una patologia a la vez, el sistema con MCD's diagnóstica dos o más patologías con un porcentaje de acercamiento a la enfermedad mas probable, el IAO diagnostica 45 enfermedades, los MCD's al momento diagnóstica 6 en el examen de orina, el IAO para interpretar enfermedades solo utiliza el análisis de orina, el sistema con MCD utiliza el análisis de orina, la anmnesis, y la exploración física, por tal motivo los resultados obtenidos son más aproximados a un diagnóstico más certero.

---

## Capítulo 5

# Conclusión y trabajos futuros

El área de diagnóstico y decisiones médicas veterinarias se caracterizan por la complejidad que requiere la investigación de nuevos métodos avanzados para modelar y desarrollar sistemas sofisticados. El enfoque inteligente computacional utilizado en este trabajo se centra en mapas cognitivos difusos para la estimación de resultados médicos. El sistema está diseñado con el fin de ayudar al veterinario a evaluar el estado de salud del paciente (mascotas) al momento de emitir un dictamen médico. El sistema utiliza análisis clínicos que son una herramienta muy poderosa e importante para el diagnóstico y el correcto tratamiento. En esta investigación se emplea MCD's porque son fáciles de interpretar y muestran claramente las relaciones entre los diferentes conceptos y mapas cognitivos, son relativamente fácil modificar, agregar y eliminar conceptos cuando sea necesario y porque presentan la asociación causal de la enfermedad, que es crucial para el apoyo en la decisión médica y en el proceso diagnóstico de enfermedades más comunes en las pequeñas especies.

El sistema evalúa Mapas Cognitivos Difusos unidireccionales internos que pueden emitir un condición médica más no una enfermedad, esta condición médica es determinante, porque se integra con los demás conceptos del mapa es decir con los signos que presenta el paciente y la exploración médica, es decir determina que enfermedad o enfermedades están presentes en el paciente.

Los resultados obtenidos del sistema ofrecen al médico veterinario un panorama

más amplio sobre el diagnóstico, porque al integrar más datos al mapa ayuda a converger en una solución más acertada. Los MCD's de los análisis de laboratorio aportan datos claves al momento de diagnosticar, pero también se toma en cuenta a los demás datos(nodos) del sistemas para generar dos o más resultados, por tal motivo al integrar mayor información al sistema, éste converge en una mejor solución.

Los MCD's se han convertido en una gran herramienta para el diagnóstico de enfermedades tanto de humanos como de animales, porque se puede representar con ellos las relaciones causales de la enfermedad y aporta al médico otros puntos de vista al momento de la emisión final del diagnóstico. El MVZ observa y analiza los resultados del sistema y dan un punto de vista favorable, pero también nos advierte sobre las mejoras que necesita, como el añadir más módulos que integren otros tipos de análisis clínicos y los compare entre si, es decir que dos o más exámenes de laboratorio se puedan comparar para determinar que enfermedad presenta al paciente.

Lo más importante de esta investigación es el ofrecer un sistema que genere un diagnóstico presuntivo y apoye al médico veterinario en la emisión del diagnóstico definitivo, así como brindar una herramienta de consulta al veterinario ya que el sistema no supe, sino que complementa la labor de el médico veterinario.

## 5.1. Trabajos Futuros

El área del diagnóstico médico veterinario es muy amplio porque existen diversas especies, cada una con enfermedades propias y con valores de referencia diferentes tanto en los análisis de laboratorio como en los signos clínicos. Se pretende continuar con la implementación y utilizar la metodología de Mapas Cognitivos Difusos. Los trabajos futuros que se desean realizar son los siguientes:

- Ampliar la gama de análisis de laboratorio, que permitan al médico veterinario tener un panorama más amplio al momento de la valoración médica; agregando más pruebas complementarias básicas como:
  - bioquímica sanguínea.
  - citología,

- análisis de heces
- pruebas alérgicas
- Se desea implementar al sistema otras especies, para diagnóstico de enfermedades.
- También se desea complementar este trabajo al permitir que los análisis clínicos en conjunto puedan emitir una enfermedad; es decir si el médico tiene dos resultados de laboratorio, por ejemplo de una química sanguínea y de un uroanálisis pueda determinar con los valores obtenidos de ambos análisis, la enfermedad o condición médica del paciente.

---

## Bibliografía

- [1] Reznik L. (1997). *“Fuzzy Controlles”*. Newness.
- [2] Kwang H. L. (2005). *“First course on Fuzzy Theory and Applications”*. Springer.
- [3] Thompson M.S. (2008). *“Diagnóstico diferencial clínico en pequeñas especies”*. Elsevier massum.
- [4] Ross T. J. (2010). *“Fuzzy Logic with Engineering Applications”*. Wiley.
- [5] Cerón J. J. (2013). *“Análisis clínicos en pequeños animales”*. Inter-médica.
- [6] Papageorgiou E.I. (2014). *“Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering From Fundamentals to Extensions and Learning Algorithms”*. Springer.
- [7] Gallo C. A. *“Manual de diagnóstico con énfasis en el laboratorio clínico veterinario”*, 2008.
- [8] Jaime A. y Cabezas D. *“Complemento y adaptación de la herramienta interactiva hematool para el análisis de exámenes de laboratorio en perros y gatos”*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de la Salle Facultad de Medicina Veterinaria. Bogota D.C., 2007.
- [9] Peña A. *“Un modelo del estudiante basado en mapas cognitivos”*. Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional, 2007.
- [10] Raesfeld P. A. *“Campestre: Aplicación de mapas cognitivos difusos a VRML en un ambiente virtual”*. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de las Americas Puebla, 2000.

- 
- [11] Silberschatz A., Kurth H. F., y Sadarshan S.(2006). “*Fundamentos de las Bases de Datos*”. Mc-Graw-Hill.
- [12] Kosko B. “Fuzzy Cognitive Maps”. *Journal of man-machine studies*, 24:65–75, 1986.
- [13] Sink C. y Weinstein N. (2012). “*Practical veterinary urinalysis*”. Wiley-Blackwell.
- [14] Colegio Oficial de Veterinarios Calidad Certificada. “norma de gestión de calidad para los centros de medicina veterinaria de animales de compañía”. 2010. URL [http://www.colvema.org/calidadveterinaria/doc/Norma\\_calidad\\_2010.pdf](http://www.colvema.org/calidadveterinaria/doc/Norma_calidad_2010.pdf).
- [15] Stylios C.D., Georgopoulos V. C., Malandraki G. A., y Chouliara S. “Fuzzy Cognitive Map Architectures for Medical Decision Support Systems”. *Applied Soft Computing*, págs. 1243–1251, 2008.
- [16] Amaya D. y Pinedo A. “*Modelamiento Realístico de Sistemas Dinámicos Complejos mediante Mapas Cognitivos Difusos*”. Proyecto Fin de Carrera, Facultad de Ingeniería Coordinación de investigaciones Cartagena de Indias, 2006.
- [17] Stylios C. D., Georgopoulos V. C., y Groumpos P. P. “The Use of Fuzzy Cognitive Maps in Modeling Systems”. *Department of Electrical and Computer Engineering University of Patras, Rion*, págs. 1–7, 2006.
- [18] Lakovidis D.K. y Papageorgiou E. “Intuitionistic Fuzzy Cognitive Maps for Medical Decision Making”. *Transactions on information technology in biomedicine*, págs. 100–107, 2011.
- [19] Papageorgiou E.I. y Salmeron J.L. “A Review of Fuzzy Cognitive Maps Research During the Last Decade”. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21:66–79, 2013.
- [20] Papageorgiou E.I., Papandrianos N.I., Karagianni G., Kyriazopoulos G. C., y Dimitrios Sfyas. “A Fuzzy Cognitive Map Based Tool for Prediction of Infectious Diseases”. *FUZZ-IEEE*, págs. 2094–2099, 2009.



- 
- [21] Mézquita J. F. “El arte del diagnóstico”. *Medicina Interna de México*, 22:246–252, 2006.
- [22] Zetian F., Fengb X., Yunb Z., y XiaoShuana Z. “Pig-vet: a Web-based Expert System for Pig Disease Diagnosis”. *Exper system with applications*, 29:95–103, 2003.
- [23] Mejía I., Vidarte D. M., y Vives L. “sistema experto para el diagnóstico de enfermedades infecciosas en el ganado vacuno”. *Congreso binacional de investigación ciencia y tecnología de las universidades*, págs. 1021–1024, 2003.
- [24] Aguilar J. “ A Dynamic Fuzzy Cognitive Map Approach Based on Random Neural Networks”. *International Journal of Computational Cognition*, 4:91–107, 2003.
- [25] Aguilar J. “ Dynamic Random Fuzzy Cognitive Maps”. *Computación y Sistemas*, 7:260–270, 2004.
- [26] Chew D. J. y DiBartola S. P. (2004). “*Interpretation of Canine and Feline Urinalysis*”. The Gloyd Group.
- [27] Concepción L. J. “*Algoritmo de aprendizaje para mejorar la convergencia de los Mapas Cognitivos Difusos sin afectar la precisión*”. Proyecto Fin de Carrera, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Facultad Matemática Física y Computación, 2016.
- [28] Jyh-Shing R. Jang, Chuen-Tsai S., y Eiji M. (1997). “*Neuro-Fuzzy and Soft Computing. A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*”. Prentice Hall.
- [29] Carvalho J.P. y Tomé J: A. “Rule Based Fuzzy Cognitive Maps and Fuzzy Ccognitive Maps - a Comparative Study”. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, págs. 115–119, 1999.
- [30] Park K.S. y Kim S.H. “Fuzzy Cognitive Maps Considering Time Relationships”. *International Journal of Human-Computer Studies*, 42:157–168, 1995.

- 
- [31] Salmeron J. L. “Modelling Grey Uncertainty with Fuzzy Grey Cognitive Maps”. *Expert Systems with Applications*, 37:7581–7588, 2010.
- [32] Alvez M. “*Manual de anamnesis y el diagnóstico físico en el perro y el gato doméstico*”, 2008.
- [33] Jampour M., Ashourzadeh M., y Yaghoobi M. “Fuzzy Expert System to Diagnose Disease with Neurological Signs in Domestic Animals”. *Eighth International Conference on Information Technology*, págs. 1021–1024, 2011.
- [34] JYuan M., Zhi-Qiang L., Shi L., y Chee K. S. “Dynamical Cognitive Network—an Extension of Fuzzy Cognitive Map”. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 9:760–770, 2001.
- [35] Kahn C. M. “*Manual de Merck de veterinaria*”, 2007.
- [36] Rodostits O. M., Mayhey I.G., y Houston D. M.(2002). “*Examen y diagnóstico clínico en veterinaria*”. Servier Science.
- [37] Gorzdczany M.B. y Deutsch M. “Fuzzy Neural Network Methodology Applied to Medical Diagnosis”. *NASA. Johnson Space Center, North American Fuzzy Logic Processing Society*, 1:266–275, 1992.
- [38] Acha P. N. y Szyfres B. (2001). “*Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales*”. Organización Panamericana de la salud.
- [39] Douali N., Papageorgiou E.I., J. De Roo, Cools H., y Jaulent M.C. “Clinical Decision Support System Based on Fuzzy Cognitive Maps”. *J Comput Sci Syst Biol*, 8:112–120, 2015.
- [40] Bello R., Gonzales S., y Leyva M. Y. “Análisis estático en mapas cognitivos difusos basado en una medida de centralidad”. *Ciencias de la información*, 45:31–36, 2014.
- [41] Kirk R.W. y Bistner S. I. “*Manual de urgencias en veterinaria*”, 1989.
- [42] Hasan S., Lopezdomínguez S. D., Malave A.M., Saleem F., y Leyva M. “Knowledge Representation Using fuzzy cognitive maps and hesitant fuzzy linguistic

- term sets”. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17:312–319, 2016.
- [43] Kottas T.L., Boutalis Y.S., y Christodoulou M.A. “Fuzzy Cognitive Networks: a General Framework”. *Intelligent Decision Technologies*, 1:183–196, 2007.
- [44] Jaramillo W. “*Un mundo virtual basado en Mapas Cognitivos Difusos*”. Proyecto Fin de Carrera, Universidad de las Americas Puebla, 1995.
- [45] Vasantha W.B. y Smaradache F. (2003). “*Fuzzy cognitive maps and neutrosophic cognitive maps*”. Addison-Wesley, New Mexico, USA.
- [46] Enciclopedia libre Wikipedia. “medicina veterinaria”. 2017. URL [https://es.wikipedia.org/wiki/Medicina\\_veterinaria](https://es.wikipedia.org/wiki/Medicina_veterinaria).
- [47] Enciclopedia libre Wikipedia. “modelo relacional”. 2017. URL [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_relacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_relacional).
- [48] Cai Y., Miao C., Tan A.H., Shen Z., y Li B. “Creating an Immersive Game World with Evolutionary Fuzzy Cognitive Maps”. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 30:58–70, 2010.
- [49] Bueno S. y Salmeron J. L. “Fuzzy Modeling Enterprise Resource Planning Tool Selection”. *Computer Standar and interfaces*, 30:137–147, 2008.

---

# Apéndice A

## Glosario de términos

- *Albuminas.* La albúmina es una proteína que se encuentra en gran proporción en el plasma sanguíneo, siendo la principal proteína de la sangre, y una de las más abundantes en el ser humano.
- *Chyluria.* También llamada orina quilosa, es una condición médica que implica la presencia de chyle( llamado quilo, que contiene proteínas y grasas.) en la corriente de orina, lo que da lugar a la orina que aparece blanco lechoso.
- *Cianótica.* Llamada también Cianosis es la coloración azulada de la piel, mucosas y lechos ungueales, usualmente debida a la presencia de concentraciones mayores de hemoglobina.
- *Disuria.* Es una condición que provoca dolor al orinar. Mientras que la vejiga urinaria y la uretra normalmente sirven para almacenar y liberar la orina, este trastorno afectan al tracto urinario inferior al dañar la pared de la vejiga o estimular las terminaciones nerviosas de la vejiga o la uretra.
- *Eritrón.* Masa total de eritrocitos circulantes y tejidos formadores de eritrocitos a partir de los cuales se derivan.
- *Estranguria.* Micción difícil lenta u dolorosa.
- *Fagocitos.* Es un tipo de glóbulo blanco que ayuda al cuerpo humano a combatir las infecciones y dispone de células somáticas. Los fagocitos eliminan del cuerpo

bacterias y otros agentes patógenos a través de un proceso de ingestión llamado fagocitosis.

- *Globulinas*. Es una proteína de la sangre, importante para la regulación de la función del organismo. Transportan hormonas, vitaminas y otras sustancias. Protegen el organismo de los virus, bacterias, toxinas, proteínas ajenas, produciendo anticuerpos y regulan la coagulación de la sangre.
- *Histopatología*. Es la rama de la Patología que trata el diagnóstico de enfermedades a través del estudio de los tejidos.
- *Ictéricas*. Es la coloración amarilla de la piel y de las mucosas debida a un aumento de los pigmentos biliares en la sangre. También se llama ictericia.
- *Leptospirosis*. Enfermedad bacteriana infecciosa en perros que se transmite por la orina de animales infectados. Es una enfermedad zoonótica es decir puede contagiar a las personas.
- *Letargia*. Estado de cansancio e inactividad y de somnolencia profunda y prolongada, especialmente cuando es patológico y se produce a causa de una enfermedad.
- *Lipiduria*. Presencia de lípidos (cuerpos grasos) en la orina.
- *Litiasis*. Es una masa sólida compuestas de pequeños cristales y localizada en el aparato urinario (riñones, uréter, vejiga urinaria o uretra). Se pueden presentar uno o más cálculos al mismo tiempo alojados en el riñón o en el uréter. Son acumulaciones similares a piedras que se forman a partir de sales minerales.
- *Panleucopenia*. Enfermedad virulenta, que ataca a los gatos y suele ser mortífera. También se llama tifoidea de los gatos.
- *Percusión*. Es el método que consiste en golpear suavemente con la mano o instrumentos, cualquier segmento del cuerpo, para producir movimientos, dolor y obtener sonidos para determinar la posición, tamaño y densidad de una estructura subyacente y determinar la cantidad de aire o material sólido de un órgano.

- *Polaquiuria*. Incremento en la frecuencia de las micciones con o sin aumento del volumen total de orina.
- *Polidipsia*. Consiste en un aumento de la sed, con el consecuente incremento de la ingesta de líquido y de la excreción del mismo (poliuria).
- *Pyuria*. Cualquier condición caracterizada por la presencia de pus en la orina.
- *Shunt porto-sistémico*. Son anomalías vasculares en las que se produce una desviación de la sangre desde la vena porta a la circulación sistémica (vena cava caudal o vena ácigos), sin pasar por las células hepáticas, por lo que los factores descritos llegan en menor cantidad al hígado, por lo que se desarrolla menos, produciéndose una insuficiencia hepática.
- *Tricograma*. También llamado tricografía. Es el estudio microscópico del pelo. Usualmente, la tricografía se usa en tres tipos de pacientes: en gatos para saber si la alopecia es autoproducida, en perros con alopecia simétrica no autoproducida y, en mucha menor medida, para el diagnóstico de dermatofitosis.

# Apéndice B

## Estancia

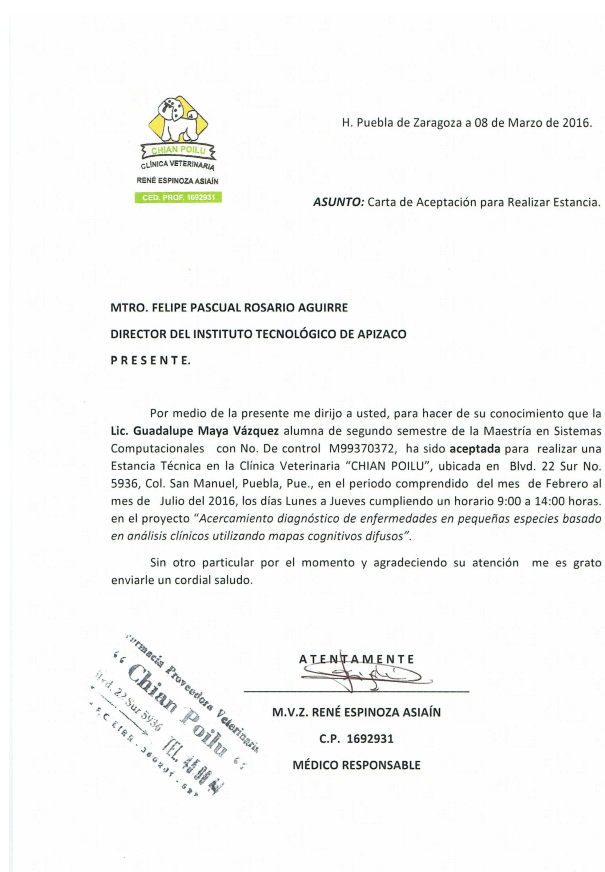


Figura B.1. Carta de aceptación en la estancia de investigación



H. Puebla de Zaragoza a 10 de agosto de 2016.

**ASUNTO:** Carta de liberación.

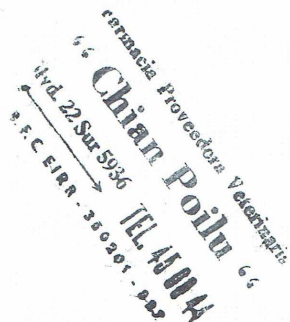
**MTRO. FELIPE PASCUAL ROSARIO AGUIRRE**  
**DIRECTOR DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO**  
**P R E S E N T E.**

Por medio de la presente hago constar que la **Lic. Guadalupe Maya Vázquez** alumna de la Maestría es Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Apizaco, con número de control M99370372 ha cumplido satisfactoriamente su estancia de investigación con base a los puntos contenidos en el cronograma de actividades presentado, elaborando el proyecto:

“Acercamiento diagnóstico de enfermedades en pequeñas especies basado en análisis clínicos utilizando mapas cognitivos difusos.”

Durante el periodo comprendido del 01 de febrero de 2016 al 30 de julio del 2016, el cuál desarrolló en esta clínica Veterinaria “CHIAN POILU”, ubicada en Blvd. 22 Sur No. 5936, Col. San Manuel, Puebla, Pue., bajo mi asesoría y la asesoría externa de la Q.F.B. Mónica Lorena González Armenta y el M.V.Z. Omar Jarillo Herrera.

Se extiende la presente para los efectos que al interesado convenga.



**ATENTAMENTE**

**M.V.Z. RENÉ ESPINOZA ASIAÍN**

**C.P. 1692931**

**MÉDICO RESPONSABLE**

Figura B.2. Carta de liberación en la estancia de investigación





H. Puebla de Zaragoza a 15 de agosto de 2016.

**ASUNTO:** Carta de satisfacción.

**MTRO. FELIPE PASCUAL ROSARIO AGUIRRE**  
**DIRECTOR DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO**  
**PRESENTE.**

Por medio de la presente reciba un cordial saludo y al mismo tiempo hago constar que la **Lic. Guadalupe Maya Vázquez** alumna de la Maestría es Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Apizaco, con número de control M99370372 ha colaborado satisfactoriamente en mi empresa, identificando problemáticas que se pueden presentar al momento de interpretar análisis clínicos, investigando y proponiendo estrategias informáticas que sirven como herramienta de apoyo para un médico veterinario o un estudiante de medicina veterinaria, desarrollando el proyecto **“Acercamiento diagnóstico de enfermedades en pequeñas especies basado en análisis clínicos utilizando mapas cognitivos difusos.”** que identifica las posibles enfermedades que se pueden presentar en las mascotas al realizar análisis químicos, arrojando como resultado un diagnóstico presuntivo, que en conjunto con nuestra experiencia medica nos lleva a realizar un diagnóstico acertado para un mejor tratamiento.

Sin más por el momento, es grato agradecer la asesoría especializada y el proyecto realizado por la alumna e investigadora de su institución, que han cubierto lo planeado durante la fase del proyecto antes mencionado.

Agradeciendo sus atenciones quedo en ustedes.

**ATENTAMENTE**

**M.V.Z. RENÉ ESPINOZA ASIAÍN**

**C.P. 1692931**

**MÉDICO RESPONSABLE**

Clínica Veterinaria  
**Chian Poilu**  
 Blvd. 22 Sur 5936 TEL. 460044  
 C.F.C. E.I.R. - 380201 - 025

Figura B.3. Carta de satisfacción en la estancia de investigación

# Apéndice C

## Publicaciones

Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2017

© Academia Journals 2017

Villahermosa, Tabasco, México 29 al 31 de marzo, 2017

Tab519	El cumplimiento de estándares de calidad a través de las TICs	Ulises Martínez Rodríguez Idalia Ruiz Arriaga José Luis Mesa Espelleta Rafael Ulises González Jaques	Martínez Rodríguez	1863
Tab524	Autocuidado del paciente con Diabetes Mellitus tipo 2 en una zona rural	Ella del Carmen Martínez Ruiz Esther Alícea Jiménez Zúñiga Oscar Yovani Fabián José Martha Pérez Fonseca Patricia González de la Cruz Alma Delia Santiago Mijangos	Martínez Ruiz	1869
Tab124	Desarrollo de una herramienta predictiva para los factores de deserción escolar en el Instituto Tecnológico del Norte de Tlaxcala	M.S.C. Enrique Martínez Téllez I.A. María Cruz Carley M. en I. Irving Cárdenas Hernández Ing. Julio Aaron Martínez Cervantes	Martínez Téllez	1875
Tab525	Obtención de tinta natural de estopa de coco (Lycos rurifera) con haematoxilin brasileño para la aplicación en la industria textil	M en A ELISABETH MARTINEZ VALERA ING. STALIN BONILLA CRUZ NERENYA LOPEZ SARABIA GUSTAVO GARCIA TORRES JOSE REYES SANCHEZ ALEJANDRO	Martínez Valera	1881
Tab540	Mejoramiento de la productividad en el área de corte mediante la implementación de cortadoras doble en la empresa Acer Automotive Eadimes S.A. de C.V.	M en A Elisabeth Martínez Valera ING Stalín Bonilla Cruz Gustavo García Torres José Reyes Sánchez Alejandro	Martínez Valera	1886
Tab530	Implementación y comercialización de un sistema transformador de energía solar a energía eléctrica para viviendas rurales en el estado de Tabasco	GLADYS ELENA MATEOS GUTIERREZ RAQUEL LOPEZ GARCIA WILLIAM BALDAMAR LOPEZ HERRIGUEZ	MATEOS GUTIERREZ	1891
Tab575	LA ADMINISTRACIÓN DE LA CALIDAD ORIENTADA A LA MEJORA DEL CLIMA ORGANIZACIONAL ESTUDIO DE CASO	Ramón Medias López Javier Blanca García Mejía Miriam SINIA López Vigil Mario Alberto Llanes Piedra	Martínez López	1897
Tab568	ACERCAMIENTO ODIAGNOSTICO EN PEQUEÑAS ESPECIES BASADO EN ANALISIS CLINICOS UTILIZANDO SERIENCIA DE MAPAS COGNITIVOS EN FUSOS	Guadalupe Maya Vázquez Edmundo Bonilla Huerta José Federico Ramírez Cruz José Crispín Hernández Hernández	Maya Vázquez	1903

ISSN 1948-5351  
Vol. 9, No. 3, 2017

ACADEMIA JOURNALS

Figura C.1. Índice de la publicación en el Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2017.

## ACERCAMIENTO DIAGNÓSTICO EN PEQUEÑAS ESPECIES BASADO EN ANÁLISIS CLÍNICOS UTILIZANDO JERARQUÍA DE MAPAS COGNITIVOS DIFUSOS

Guadalupe Maya Vázquez<sup>1</sup>, Edmundo Bonilla Huerta<sup>2</sup>,  
José Federico Ramírez Cruz<sup>3</sup> y José Crispín Hernández Hernández<sup>4</sup>

**Resumen**— En medicina veterinaria como en medicina humana es de gran importancia la interpretación de análisis clínicos para la predicción y el diagnóstico de enfermedades. Se observó en la práctica diaria de la clínica de pequeños animales (perros) la necesidad de un sistema informático, que pueda proveer de asistencia en los juicios clínicos, particularmente por la poca experiencia de profesionales de la salud. Los mapas cognitivos difusos (MCDs) son una técnica de computación que permiten el modelado de sistemas complejos con múltiples variables difusas y pueden representar con éxito el razonamiento y la experiencia humana. Este trabajo presenta un sistema de decisión médica, basado en la jerarquía de mapas cognitivos difusos (JMCDs) para modelar las relaciones causales existentes entre los elementos del diagnóstico (conceptos), el sistema se descompone en subsistemas, elementos y factores relacionados que influyen en el diagnóstico. Un MCD se utiliza para modelar cada subsistema y el sistema más complejo es conformado con MCDs que interactúan.

**Palabras clave**—Mapas cognitivos difusos, análisis clínicos, diagnóstico.

### Introducción

El Diagnóstico médico es una de las tareas fundamentales de los veterinarios y es un medio indispensable para establecer un tratamiento adecuado, con el fin de alcanzar este objetivo el veterinario recopila y aplica los datos clínicos, se apoya de la teoría científica y utiliza la razón y la experiencia (Otto M. Rodostits et al. 2002), para poder recomendar un tratamiento específico, proporcionar un pronóstico acertado y hacer las recomendaciones necesarias para que el control y tratamiento de la enfermedad sean óptimos. Un MVZ debe precisar un diagnóstico diferencial más exacto, es decir distinguir entre una enfermedad y otra que presentan signos y síntomas similares (Mark S. Thompson et al. 2008). El desarrollo de listado de diagnósticos diferenciales comienza cuando el clínico hace la anamnesis y la exploración clínica. La probabilidad de que determinadas enfermedades estén presentes o ausentes pueden ir cambiando a medida que aparezca más información (Otto M. Rodostits et al. 2002). Como se ha visto formular un diagnóstico es una tarea muy complicada y son necesarias herramientas adicionales como análisis de laboratorio o información complementaria que lleve al MVZ a emitir un diagnóstico presuntivo, un gran problema para la emisión de este, es que en ocasiones interpretar los datos de la pruebas clínicas puede ser ambiguo ya que los mismos datos dados, pueden ser causa de enfermedades diferentes, y el médico deberá aportar la máxima pericia clínica, para definir la problemática, buscar y ejecutar las mejores soluciones posibles. El sistema con poca información clínica generara diagnósticos presuntivos, como la experiencia y habilidad del médico, es una herramienta que en conjunto con su experiencia, ejecuta las mejores soluciones posibles que lleven a un buen diagnóstico y posible tratamiento.

Existe un gran número de técnicas en el campo de la inteligencia artificial como las redes neuronales, lógica difusa, sistemas expertos, entre otros (Pedro Ponce Cruz, 2010), que ayudan en el modelado de sistemas complejos de diagnóstico, que pueden representar la experiencia y el conocimiento de un humano, tomando en cuenta un gran volumen de datos e información del paciente(perros).

El concepto de lógica difusa fue creado por Lofti. A. Zadeh, en su propuesta, la lógica difusa fue presentada como una forma de procesamiento de información en la que los datos podrían tener asociados un grado de pertenencia parcial a conjuntos. La necesidad de trabajar con conjuntos difusos surge del hecho que existen datos que no tienen límites claros y estos se encuentran asociados por un valor lingüístico que está definido por una

<sup>1</sup> La Lic. Guadalupe Maya Vázquez es Estudiante de Maestría en Sistemas computacionales en el Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [gmavav@hotmail.com](mailto:gmavav@hotmail.com)

<sup>2</sup> El Dr. Edmundo Bonilla Huerta es Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [edbonn@hotmail.com](mailto:edbonn@hotmail.com).

<sup>3</sup> El Dr. José Federico Ramírez Cruz es Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [federico\\_ramirez@yahoo.com.mx](mailto:federico_ramirez@yahoo.com.mx).

<sup>4</sup> El Dr. José Crispín Hernández Hernández es Profesor de la Maestría en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. [josechh@yahoo.com](mailto:josechh@yahoo.com).



Figura C.3. Certificado del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Tabasco 2017



SAN ANTONIO, TX  
INFO@ACADEMIAJOURNALS.COM  
ACADEMIAJOURNALS.COM

Figura C.4. Aceptación del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals en Ciencias y Sustentabilidad Tuxpan 2017