

**Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Carrera de Informática**



TESIS DE GRADO
DIAGNÓSTICO CLÍNICO
DE TRASTORNOS MENTALES

PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA

MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

Postulante: Juan Edgar Orozco Apaza

Tutor: Lic. Nancy Orihuela Sequeiros

Revisor: Lic. Efraín Silva Sánchez

La Paz – Bolivia
2008

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi querida madre Alicia Apaza, que a pesar del raudo paso del tiempo continua acompañando mis pasos, brindándome su apoyo con ternura, una mujer que me inspiró respeto, la dignidad y la entrega total en lo mas profundo de mi alma.

A mis queridos hermanos: Ricardo, Roxana, Dora y Elizabeth, mis sobrinos Diana e Ian con quienes pase momentos muy felices.

Quiero dedicar de manera muy especial este trabajo, a quien le debo todo, a la memoria de mi querido padre Mariano Orozco.

Juan Edgar Orozco Apaza

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento profundo y sincero a mi tutor de tesis Lic. Nancy Orihuela, quien desempeñó el rol de guía necesario para la conclusión del presente trabajo, muchas gracias por su paciente y meticulosa revisión.

Un agradecimiento especial para mi revisor Lic. Efraín Silva, quien tuvo la paciencia y el conocimiento necesario para guiarme durante toda la etapa del trabajo.

También debo mencionar al Lic. Edgar Coronel, psicólogo del centro de investigaciones médicas en ansiedad, por la información, conocimiento y la colaboración para el desarrollo de este trabajo.

Agradecer al grupo de investigaciones GIA de la red hugin en internet, que es un grupo de investigación en redes bayesianas, quienes sin saberlo aportaron mucho en este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo presenta el proceso de construcción de un modelo de sistema experto de diagnóstico para trastornos de ansiedad, haciendo uso de redes bayesianas, asociado a un conjunto de probabilidades a-priori y condicionales.

Específicamente se revisa el conocimiento existente alrededor de los trastornos de ansiedad, que es parte de los trastornos mentales, respaldada por datos clínicos recopilados por el especialista.

Una red bayesiana es un grafo acíclico dirigido en el que cada nodo representa una variable y cada arco una dependencia probabilística; son utilizadas para proveer: una forma compacta de representar el conocimiento y métodos flexibles de razonamiento.

El problema trastornos mentales cuyo conocimiento se caracteriza por tratar con información basada en la incertidumbre, está representado en base al estudio sobre modelos bayesianos, algoritmos de propagación basado en poliárboles, que permite la construcción del prototipo de sistema experto para trastornos de ansiedad SETRA.

Se concluye que las redes bayesianas permiten representar el conocimiento del experto humano, por el desarrollo de un modelo de estructuración del conocimiento en base a mecanismos bayesianos.

Palabras clave: Redes bayesianas, sistema experto, poliárboles.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	vi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3 HIPÓTESIS.....	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos Específicos.....	6
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6 ALCANCES LÍMITES Y APORTES	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 ANTECEDENTES SOBRE LOS TRASTORNOS MENTALES.....	9
2.1.1 Trastornos de Ansiedad	10
2.1.2 Clasificación de los Trastornos de Ansiedad.....	11
2.2 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO	13
2.2.1 Formulación del Conocimiento	14
2.1.2 Análisis del Conocimiento.....	14
2.3 TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE	15
2.3.1 Redes Bayesianas	16
2.3.1.1 Presentación intuitiva.....	16
2.3.1.2 Definición formal de Redes Bayesianas	20
2.3.1.3 Representación del conocimiento	23

2.3.1.4 Independencia condicional	24
2.3.1.5 Inferencia y muestreo sistemático	26
2.4 ANTECEDENTES SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	29
2.5 SISTEMAS EXPERTOS	33
2.5.1 Estructura Clásica de un Sistema Experto	35
2.5.2 Representación del Conocimiento y Razonamiento	37
2.5.2.1 Lógica.....	38
2.5.2.2 Redes asociativas	39
2.5.3 Ciclo de Vida de un Sistema Experto.....	40
2.5.3.1 Modelo en espiral.....	41
CAPÍTULO III	
MARCO DE INGENIERÍA	42
3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA	43
3.1.1 Datos Clínicos.....	43
3.1.2 Modeló Cualitativo	47
3.2 EXPLICACIÓN DE LOS SINTOMAS Y TRATAMIENTO POSIBLES	52
3.2.1 Trastorno de Pánico	53
3.2.2 Trastorno Fóbico	53
3.2.3 Trastorno Obsesivo Compulsivo	54
3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	54
3.4 MECANISMOS EXPLICATIVOS.....	57
3.5 PRUEBA EXPERIMENTAL	58
3.5.1 Resultados	60
CAPÍTULO IV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
4.1 CONCLUSIONES	62
4.2 RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXO A : GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	A-1
ANEXO B : REGLAS	B-1
ANEXO C : ARCHIVO DE TEXTO DE LA RED BAYESIANA	C-1

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Ejemplo de red bayesiana con nodos $\{A,B,C,D,E,F,G\}$	24
Figura 2.2: Ejemplo de red bayesiana con nodos $\{d,e,h,r,s,w,g\}$	25
Figura 2.3: Estructura convencional de un sistema experto	34
Figura 2.4: Modelo espiral para desarrollo de sistemas expertos.....	41
Figura 3.1: Trastornos de ansiedad y tres síntomas.....	45
Figura 3.2: Cinco enfermedades exclusivas E1-E5, en trastornos de ansiedad.....	48
Figura 3.3: Síntomas generalizados de trastornos de ansiedad S1-S3.....	48
Figura 3.4: Proviene de superponer las figuras 3.2 y 3.3	49
Figura 3.5: Porción de la red para el trastorno de ansiedad.....	51
Figura 3.6: Pantalla principal	55
Figura 3.7: Fragmento de red bayesiana propuesto.....	55
Figura 3.8: Red bayesiana en modo edición.....	56
Figura 3.9: Red bayesiana en modo inferencia.....	56
Figura 3.10: Explicación del caso de evidencia actual.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Clasificación de los trastornos de ansiedad.....	11
Tabla 3.1: Epidemiología de los trastornos de ansiedad	43
Tabla 3.2: Función de probabilidad conjunta de tres variables binarias	44
Tabla 3.3: Probabilidades condicionales de todas las enfermedades e_i	50
Tabla 3.4: Func.Prob. condicionada correspondientes a la figura 3.5.....	52
Tabla 3.5: Trastorno de pánico	53
Tabla 3.6: Trastorno fóbico	53
Tabla 3.7: Trastorno obsesivo compulsivo	54
Tabla 3.8: Comparación de resultados entre el experto y SETRA	59
Tabla 3.9: Distribución bivaluada \oplus	61

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los trastornos mentales, síndromes psíquicos y conductuales, en general, son causa de angustia y deterioro en importantes áreas del funcionamiento psíquico, afectando al equilibrio emocional, al rendimiento intelectual y a la adaptación social, a través de la historia y en todas las culturas se han descrito diferentes tipos de trastornos[Manual DSM-IV, 2001]

Diversos estudios epidemiológicos realizados en Sucre-Bolivia, caso clínico; universidad privada del Valle 2001; indican que entre un 5% al 15% de las personas presentan trastornos mentales, pero solo un porcentaje pequeño son identificados por su psiquiatra. Se deduce que los psiquiatras no suelen diagnosticar problemas psiquiátricos en las personas cuando no existe un cuadro determinado de síntomas o comportamientos, por lo que son muy específicos.

El presente trabajo surge para construir un prototipo de sistema experto, capaz de coadyuvar con el experto psiquiatra, con el fin de automatizar el proceso de adquisición de conocimientos el cual se considera uno de los problemas principales en la construcción de estos sistemas.

Un aspecto importante en el aprendizaje inductivo (capacidad de obtener nuevos conceptos, a partir de ejemplos), es el de obtener un modelo que represente el dominio de conocimiento y que sea accesible para el usuario; en particular resulta importante obtener la información de dependencia entre las variables involucradas en el fenómeno en los sistemas donde se desea predecir el comportamiento de algunas variables desconocidas basados en otras conocidas; una representación del conocimiento que es capaz de capturar esta información sobre las dependencias entre las variables son las redes bayesianas [Cowell *et al.*, 1990; Ramoni & Sebastiani, 1999].

Una red bayesiana es un grafo acíclico dirigido en el que cada nodo representa una variable y cada arco una dependencia probabilística en la cual se especifica la probabilidad condicional de cada variable dados sus padres; la variable a la que apunta el arco es dependiente (causa-efecto) de la que está en el origen de éste [Pearl, 1988].

Ya que el campo de los trastornos mentales es muy amplio, para la construcción de un prototipo se ha decidido elegir un área concreta: el grupo de los trastornos de ansiedad catalogada por la Organización Mundial de la Salud [O.M.S, 2002].

Trastornos de ansiedad

- Ataques de pánico (crisis de ansiedad, crisis de angustia) sin agorafobia
- Ataques de pánico con agorafobia
- Agorafobia sin ataques de pánico
- Fobia específica
- Fobia social
- Trastorno de ansiedad generalizada
- Trastorno por estrés agudo
- Trastorno por estrés postraumático
- Trastorno obsesivo compulsivo
- Trastorno de ansiedad debido a enfermedad médica
- Trastorno de ansiedad inducido por sustancias

Estos trastornos surgen cuando la persona se siente en peligro, ante amenazas reales o imaginarias que prepara el organismo para reaccionar. Hay ocasiones en que las respuestas de ansiedad, se disparan de forma totalmente incontrolada y son causa de sufrimiento para las personas que la experimentan. Surgen, en estas circunstancias como un "miedo sin saber de qué". En el caso de los trastornos de ansiedad, las respuestas de temor preparan a las personas para llevar a cabo un comportamiento de huida o ataque ante una amenaza inexistente [O.M.S, 2002]

1.1 ANTECEDENTES

Los sistemas expertos son aplicados a numerosos campos tales como la medicina, actividades militares, económicas, financieras, ingeniería, derecho y otros, haciendo diagnósticos, predicciones, consejos o como herramientas de entrenamiento y enseñanza según las situaciones que se plantea.

Los diagnósticos clínicos, requieren la combinación e integración de gran cantidad de información obtenida de diversas fuentes (tests y cuestionarios, entrevistas, observaciones clínicas, libros de casos, manuales, etc.), una larga formación académica y experiencia clínica. La evidencia demuestra que los clínicos no llevan a cabo procedimientos rigurosos y consistentes para obtener un diagnóstico, bosquejar un pronóstico y proponer un tratamiento, sino que suelen cometer bastantes sesgos, como omitir información y focalizarse en sólo unos pocos datos a los que dan más relevancia.

Se describe a continuación cuatro sistemas clásicos (DTREE, DSM-III-X, DAI, PSYXPERT) especialmente relacionados con árboles de decisión, reglas de producción para representar el conocimiento.

- DTREE (First y Opter, 1993): sistema basado en los árboles de decisión del DSM-III-R expandidos. Realiza una focalización en alguna de las áreas de diagnóstico y a partir de ahí sigue el árbol de diagnóstico diferencial correspondiente haciendo preguntas al usuario. Puede generar informes justificando las decisiones para aceptar o descartar un trastorno.
- DSM-III-X (Schuler y Tinger, 1991): Sistema basado en los criterios diagnósticos del DSM-III-R. Combina dos estrategias distintas: guiada por los datos (bottom-up) y guiada por los objetivos (top-down), la primera le permite generar un conjunto de hipótesis diagnósticas, la segunda sirve para confirmar o descartar las hipótesis. Las capacidades explicativas del sistema y el sistema de diálogo orientado al lenguaje, lo hacen apto para el entrenamiento de evaluadores. Además es capaz de hacer recomendaciones terapéuticas.

- DAI (Adarraga y Zaccagnini, 1992, 1994): Sistema experto para el diagnóstico de autismo y trastornos severos del desarrollo. Resulta de especial interés en cuanto se ha elaborado desde una perspectiva psicológica (psicología cognitiva y procesamiento de la información), diseñado mediante prototipado rápido, adquiriendo el conocimiento directamente de un experto.
- PSYXPERT: Overby, M. (1987): un prototipo del sistema especialista por ayudar a psiquiatras en el diagnóstico de desórdenes del psychotiuc. Comput. Biol. Med., 17, 383-393.

También se puede considerar algunos trabajos, realizados en la carrera de informática UMSA (Universidad Mayor de San Andrés), relacionados con los sistemas expertos.

- Propuesta y aplicación de un modelo de desarrollo de Sistemas Expertos para el diagnóstico de características Psico cualitativas de Mamani Florencio Antonio, en La Paz; Universidad Mayor de san Andrés; 2001. Carrera de Informática.
- Sistema Experto para el análisis cognoscitivo infantil. La Paz-caso clínico, de Pinto González Oscar, Presentada en la Universidad Mayor de San Andrés ,2002. Carrera de Informática.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema consiste en basarnos en los principios actualizados del aprendizaje, diseñar una arquitectura completa para un sistema experto pero enfocando principalmente el diagnóstico para que el sistema experto se adapte, y construir poco a poco una implementación usable, a partir de herramientas de software y plataformas disponibles, preferiblemente de sistemas basados en el conocimiento.

El problema principal que se pretende resolver, en el desarrollo de este trabajo, responde a la siguiente pregunta:

¿El Sistema Experto de trastornos mentales SETRA (sistema experto de trastornos de ansiedad), utilizando redes bayesianas, coadyuvara en la toma de decisiones del psiquiatra, para una evaluación oportuna del paciente?

Las redes bayesianas están diseñadas para hallar las relaciones de dependencia e independencia entre todas las variables que conforman el dominio de estudio; esto permite realizar predicciones sobre el comportamiento de cualquiera de las variables desconocidas a partir de los valores de las otras variables conocidas; esto presupone que cualquier variable de la base de datos puede comportarse como incógnita o como evidencia según el caso.

A continuación se detallan los problemas encarados en el presente trabajo, listados de acuerdo al grado de importancia:

- ¿Será posible aplicar un proceso de ingeniería de conocimiento para el logro de un producto computacional?
- Supuesto que un paciente presenta un conjunto de síntomas, ¿cómo se decide qué enfermedad es la que mas probablemente tiene el paciente?
- ¿Qué modelos pueden utilizarse para describir las relaciones entre los síntomas y las enfermedades?
- ¿Cuáles son las heurísticas que emplea el experto en psiquiatría para diagnosticar a los pacientes a través de sus métodos?
- La consulta a personal no especializado, lo que ocasiona diagnósticos y tratamientos inadecuados.
- Falta de decisión para dar un tratamiento al paciente, que puede ocasionar daños irreversibles en el paciente.
- El diagnóstico no apropiado de la enfermedad, que ocasiona un tratamiento ineficaz
- Los altos costos que se producen por el tratamiento y diagnóstico, de las personas que sufren trastornos mentales.

1.3 HIPÓTESIS

Para la formulación de la hipótesis hacemos referencia al el uso de Sistemas Expertos y de sus herramientas para el diagnóstico efectivo.

“El Sistema Experto de Trastornos Mentales SETRA basado en Redes Bayesianas proporciona conclusiones oportunas y confiables en el momento de la consulta y posterior diagnóstico”.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

El objetivo primordial para el desarrollo del tema propuesto de investigación, en esta tesis es:

“Construir un prototipo de Sistema Experto para Trastornos Mentales que ayude a realizar diagnósticos efectivos”.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Obtener el conocimiento del experto en trastornos de mentales para ser almacenado en una base de conocimiento.
- Formalizar el conocimiento del experto humano en base a Redes Bayesianas.
- Proporcionar métodos de explicación tanto para el modelo diseñado como para la forma de razonamiento, en base a la evidencia introducida.
- Construir un prototipo para el diagnóstico de trastornos de mentales utilizando la herramienta MSBN (Microsoft Belief Networks).
- Evaluación del funcionamiento del sistema experto. Donde se podrá combinar el método formal aplicado con el experto humano.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Se justifica este trabajo, por que representará una investigación dentro de los sistemas expertos en la forma en la que se utilizaran los distintos métodos y herramientas, con relación al proceso deductivo del experto humano, ya que será el sistema experto quien coadyuve con el diagnóstico efectivo dentro de los trastornos mentales. La idea es desarrollar un sistema que emule al clínico, por lo tanto debe ser capaz de diagnosticar, y así tener un sistema que opere mediante preguntas y respuestas, automatizado.

También se justifica debido a la carencia de los denominados especialistas psiquiatras, los cuales tienen la dificultad de cobertura en la atención preventiva, en distintos y distantes lugares.

El prototipo de sistema experto presentada en esta tesis, esta orientara a la ampliación del conocimiento sobre el diagnóstico de perturbaciones mentales, por lo que será la sociedad la beneficiada por la presente.

1.6 ALCANCES LÍMITES Y APORTES

El estudio teórico se basará fundamentalmente en métodos y técnicas que provienen del campo de las redes probabilísticas, mas propiamente de las Redes Bayesianas y que se pueden aplicar a la construcción se Sistemas Expertos, también se considerarán aspectos como utilización de herramientas de Sistemas Expertos con el estudio de algoritmos útiles para el tratamiento de la incertidumbre.

En cuanto al área elegida, ésta es muy extensa por lo que el estudio se realizará en una enfermedad específica de los trastornos mentales: los trastornos de ansiedad, que necesitan un tratamiento psicológico para su diagnóstico. En el proceso de construcción del prototipo se seguirán todas las etapas que tiene la construcción de un sistema experto.

El sistema experto propone presentar una interfaz gráfica amigable, recomendará las estrategias más efectivas usando modelos gráficos probabilistas. Podemos plantearlo como un sistema de consulta que lleve a cabo la recogida de información o como un experto que vá recogiendo la información y propone un diagnóstico.

El aporte que se propone, es la construcción de la base de conocimiento, utilizando mecanismos bayesianos, que permitirá un tratamiento normativo de la incertidumbre, es decir, un tratamiento ajustado a los axiomas de la teoría de la probabilidad.

El presente trabajo es una obra que tratará todos los aspectos de las redes bayesianas: axiomas, semántica, algoritmos, aprendizaje, explicación, obtención y representación del conocimiento.

Se propone un modelo bayesiano, que optimizará el diagnóstico de los trastornos de ansiedad haciendo uso de redes bayesianas de tipo poliárbol.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Las investigaciones y avances teóricos en el área de psicología proponen una estrategia general a seguir en el desarrollo de Sistemas Expertos, la llamada Aproximación de nivel de conocimiento. Consiste en invertir mucho esfuerzo en el análisis y el modelado del conocimiento desde un nivel alto de abstracción antes de proceder a su implementación. Esta aproximación proporciona una mejor caracterización del funcionamiento del sistema, facilita la adquisición del conocimiento [David, Krivine y Simons, 1983].

El hecho de disponer de algunos sistemas funcionando con resultados más o menos aceptables es otro punto a favor para invertir esfuerzos en este campo; además, nos sirve para ver algunos de los puntos débiles y tratar de mejorarlos aportando nuevas ideas y propuestas operativas.

En un artículo publicado por Ledley y Lusted en 1959 decían que el razonamiento médico contenía estrategias de inferencia entre las que se encontraba la lógica booleana, inferencias simbólicas y probabilidades bayesianas. Colocando como ejemplo particular el hecho de que el razonamiento para hacer un diagnóstico médico contenía las tres técnicas. La esperanza que surgió para muchos cuando se iniciaron estas investigaciones era que iban a obtener “Médicos perfectos en una caja” más no iban a poder reemplazar al médico humano, pero lo que menos esperaban era que el camino a recorrer para lograrlo fuera tan largo y con obstáculos que ya se habían pasado o se estaban pasando a otras áreas de la Informática.

En la actualidad el desarrollo de todos estos sistemas se encuentra en manos de un gran número de investigadores entre los que aun se encuentran las universidades donde se dieron los primeros sistemas como lo son MIT, Stanford, Rutgers y Pittsburg. Pero de igual forma hay organizaciones, compañías privadas, clínicas y centros de investigación (en conjunto) que también se encuentran investigando en esta área. Debido a la cantidad de empresas que se unieron al proceso de desarrollo de la IA en la Medicina es que se están viendo muchas aplicaciones en estos días unos de uso comercial en los hospitales, unos que son creados con fines educativos y otros con fines de investigación y mayor avance en el área

2.1 ANTECEDENTES SOBRE LOS TRASTORNOS MENTALES

En la taxonomía ofrecida por el DSM-IV (Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales), hace una clasificación de los trastornos mentales con el propósito de proporcionar descripciones claras de las categorías diagnósticas, con el fin de que los clínicos y los investigadores puedan diagnosticar, estudiar e intercambiar información y tratar los distintos trastornos mentales.

- Trastornos de ansiedad
- Trastornos disociativos
- Trastornos somatoformes
- Trastornos facticios

Otros trastornos:

- Algunos trastornos de la personalidad del Grupo B: personalidad antisocial, frecuentemente asociada a los trastornos disociativos, y personalidad histriónica, propensa a los trastornos somatoformes.
- Todos los trastornos de la personalidad del Grupo C: por dependencia, por evitación y trastorno obsesivo - compulsivo de la personalidad, todos ellos con alto componente ansioso.
- Algunos trastornos adaptativos que cursan con ansiedad

Si bien se considera una directriz básica del diseño de sistemas expertos alcanzar un equilibrio entre la amplitud del dominio y la competencia en el mismo (entre un sistema enciclopédico y un sistema experto); la restricción del dominio utilizado tiene una gran desventaja:

Se pierde perspectiva, así como integración con otras áreas muy próximas a ese dominio: al limitarse a una parcela concreta se pierde la posibilidad de explicar síntomas que podrían ser en realidad la expresión secundaria de un trastorno en otra área; por ejemplo, podríamos atribuir unos síntomas de ansiedad a uno no especificado cuando en realidad son manifestaciones de un trastorno depresivo, un trastorno de conducta o una psicosis. Se deberá ser consciente de esta limitación a la hora de usar el sistema.

2.1.1 Trastornos de Ansiedad

Todos sabemos lo que es sentir ansiedad-esas "mariposas" que siente en su estómago antes de su primera cita, los "nervios" que tenemos antes de dar un discurso, el sudor en la palma de las manos y el galope del corazón que frecuentemente acompañan las situaciones desafiantes o peligrosas. Estas emociones son normales [Centro IMA, Centro de Investigaciones Médicas en Ansiedad].

La ansiedad es la más común y universal de las emociones. Reacción de tensión sin causa aparente, más difusa y menos focalizada que los miedos y las fobias. La reacción emocional ante un peligro o amenaza se manifiesta mediante un conjunto de respuestas tanto fisiológicas, cognitivas y conductuales.

Tiene numerosos sinónimos: Nerviosismo, inquietud, tensión.

Referencia a la experiencia de la ansiedad: Angustia, miedo, inseguridad

- **Definición de Miedo y fobia**

1. Miedo: Es una respuesta emocional normal ante situaciones que implican peligro para el sujeto: Es una respuesta diferenciada ante un objeto o situación específica. Es un fenómeno evolutivo y transitorio.

2. Fobia: Es una forma especial de miedo y reacción desproporcionada, irracional, fuera de control voluntario del sujeto, implica respuestas de evitación de la situación u objeto fobizado y es persistente en el tiempo.

2.1.2 Clasificación de los Trastornos de Ansiedad

Estudios recientes indican que los trastornos por ansiedad son los que se dan con más frecuencia entre la población general. La fobia simple es probablemente el más común de los trastornos por ansiedad, en cambio, el trastorno por angustia es el más frecuente entre la población que busca tratamiento. Los trastornos por angustia, los trastornos fóbicos y los trastornos obsesivos-compulsivos son aparentemente más frecuentes entre los parientes biológicos de primer grado de las personas afectadas que entre la población general, la tabla 2.1 muestra la clasificación de estos trastornos de ansiedad.

Tabla 2.1 Clasificación de los trastornos de ansiedad

FOBIA ESPECÍFICA
FOBIA SOCIAL
TRASTORNO POR ESTRÉS POSTRAUMÁTICO
TRASTORNO OBSESIVO COMPULSIVO
TRASTORNO DE PÁNICO
TRASTORNO DE ANSIEDAD GENERALIZADO
TRASTORNO POR ANSIEDAD SOCIAL

Fuente: [DSM-IV¹,2001]

¹ American Psychiatric Association . *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, cuarta edición. (DSM-IV)*. Barcelona: Masson.

A continuación se hace una descripción, de las características de cada uno de estos trastornos según la clasificación de la tabla 2.1.

- **Trastorno de ansiedad generalizado (TAG):** el TAG se caracteriza por presentar como síntoma principal un estado de preocupación permanente, invasiva y difícil de controlar, con una duración de al menos seis meses.
- **Trastorno obsesivo compulsivo (TOC):** En el TOC, los individuos sufren de frecuentes obsesiones. Es decir, pensamientos recurrentes, que se presentan en contra de la voluntad del sujeto, pero que este no logra apartar con facilidad de su mente.
- **Trastorno de ansiedad social:** Su principal característica es el miedo intenso y persistente a situaciones sociales o actuaciones en público por temor a que resulten embarazosas.
- **Fobia social**

La fobia social es un miedo intenso de llegar a sentirse humillado en situaciones sociales, especialmente de actuar de tal modo que se coloque uno en una situación vergonzosa frente a las demás personas. Frecuentemente es hereditaria y puede estar acompañada de depresión o de alcoholismo. La fobia social frecuentemente comienza alrededor del principio de la adolescencia o aún antes.

- **Trastorno de estrés postraumático:** Suele ocurrir luego de la exposición a un trauma intenso, tal como presenciar una muerte, sufrir la muerte violenta de un ser querido, ser víctima de un ataque con peligro para la propia vida, o verse en medio de un desastre natural (terremoto, etc.)
- **Trastorno de pánico:** La crisis o ataque de pánico se caracteriza por su comienzo brusco y una duración de sólo algunos minutos.
- **Fobias específicas:** Las personas que sufren este desorden presentan un temor intenso, desproporcionado e irracional a determinados objetos o situaciones claramente discernibles y circunscriptas, tales como animales (arañas, ratas, aves, o animales domésticos) lugares cerrados o elevados, etc.

El diagnóstico se concibe como el establecimiento de explicaciones científicas para ciertos sucesos; en psicología clínica el diagnóstico haría referencia a la explicación de la psicopatología de un sujeto particular; debería estar basado en teorías causales, pero salvando algunas áreas muy específicas del diagnóstico, la psicología actual es incapaz de dar explicaciones causales satisfactorias de las patologías conocidas. La tendencia actual consiste en desprenderse de la carga teórica de los diferentes modelos o paradigmas psicológicos (médico, psicodinámico, conductual, etc.), y adoptar en su lugar un enfoque pragmático, empírico-descriptivo, para dar respuesta a la necesidad de organizar nuestro conocimiento. Desde este enfoque se concibe el diagnóstico como la asignación de atributos, o de pacientes que manifiestan dichos atributos, a una categoría determinada de un sistema de clasificación [Lemos, 1995]

2.2 ADQUISICIÓN DEL CONOCIMIENTO

La Adquisición de conocimiento para la elaboración de un sistema experto es tal vez la más compleja, muchos autores lo consideran como un cuello de botellas en el desarrollo del mismo (Rolston, 1995).

Por otra parte para modelar el conocimiento surgen distintos enfoques mencionaremos dos de ellos:

- A través de una construcción manual, es decir con la ayuda de un experto humano en el dominio a considerar.
- Construcción automática a través de algoritmos de aprendizaje que hacen uso de bases de datos para modelar su red. Este tema esta siendo muy estudiado por varios autores como Herskovits, Heckerman. Sin embargo el estudio aun no esta respaldado por modelos que garanticen la eficiencia del mismo, sin embargo no esta lejos de encontrar técnicas eficientes para su desarrollo [Diez, 1994].

También se utiliza fuentes bibliográficas fundamentalmente para reforzar algunos conceptos sobre el dominio a estudiar y entender la terminología usada por el experto humano.

2.2.1 Formulación del Conocimiento

En la segunda fase de adquisición de conocimiento, se revisan los escenarios seleccionados por el experto que satisfacen los siguientes cinco criterios de conocimiento fundamental: el más nominal, el más esperado, el más importante, el más arquetípico y el mejor entendido. Esta revisión forma una base para determinar la performance mínima, realizar el testeo y efectuar la corrección y determinar las capacidades del sistema experto que conocimiento fundamental debe incluir.

- Un léxico seleccionado.
- Una definición de fuentes de entrada y formatos.
- Una descripción del estado inicial incluyendo un conocimiento estático.
- Un conjunto básico de razones y reglas de análisis.

El conocimiento fundamental debe estar escrito, parte de el habrá sido adquirido previamente la definición del dominio. La validez del conocimiento fundamental puede ser testada implementándola en una base de conocimiento que se contraste con los escenarios desde los cuales fue adquirida y verificando que se produzca un comportamiento similar al del experto en el mismo escenario.

2.1.2 Análisis del Conocimiento

Los atributos usados en el diagnóstico psiquiátrico pueden ser de cuatro tipos distintos [Millon, 1991]:

- Atributos sustantivos: de acuerdo con algún modelo teórico, pe. hábitos condicionados o disfunciones neurológicas.
- Atributos longitudinales: relativos a la progresión de función del tiempo y las circunstancias, incluida la respuesta a un determinado tratamiento.
- Atributos concurrentes: presentes en un momento dado. Fundamentalmente los signos, observables, objetivos, y los síntomas, referidos subjetivamente. Son los más usados para catalogar las tradicionalmente llamadas neurosis y psicosis.

- Rasgos de personalidad: tendencias a manifestar determinados patrones conductuales: pe. los extrovertidos tienden a mostrarse sociables y/o impulsivos. Son usados en el diagnóstico de trastornos de la personalidad.

Los síntomas pueden ser manifestaciones de un trastorno clínico, un trastorno de personalidad agravado por algún estresante, o viceversa, y habrá que distinguir una circunstancia de otra. Para eso será necesario establecer las relaciones entre las observaciones clínicas (signos, síntomas, síndromes), los problemas psicosociales y ambientales, las enfermedades médicas y las sustancias, así como las características de personalidad del sujeto y sus recursos personales. Esta relación puede ser como determinante temporal, desencadenante, agravante, consecuente.

2.3 TRATAMIENTO DE LA INCERTIDUMBRE

Lo más sencillo sería usar lógica booleana: SI/NO, presente o ausente, cumple criterio o no lo cumple. Otra solución consiste en usar factores de certeza; desde la certeza total de que no se cumple un criterio o no se halla presente un síntoma (-100) u otro elemento de conocimiento, hasta la certeza total de que se cumple o se halla presente (100).

También muchos analistas han planteado modelos para la representación del conocimiento a través de marcos, Frost² que hace uso de ranuras.

Pero aun surge otro problema como es la limitación de la computadora para memorizar hechos, o la capacidad de razonar a partir de información incompleta o imprecisa, lo que incentiva a la búsqueda de modelos que puedan tratar con la incertidumbre y que sean flexibles.

En el diagnóstico de trastornos mentales (trastornos de ansiedad), es fácil observar que la información con la que se trabaja es incierta o basada en la incertidumbre, las causas son información incompleta proporcionada por el paciente y/o historias clínicas, falta de información debido a que no se puede realizar las pruebas necesarias por razones económicas, tecnológicas u otras. Conocimiento impreciso, contradictorio, erróneo que puede proporcionar el mismo paciente deliberadamente o por estimaciones subjetivas exageradas.

²[Frost G, 2003]. *Optimización de redes bayesianas basado en técnicas de aprendizaje por inducción*. IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. La Plata.

Como es de notar, es necesario buscar modelos capaces de obtener conclusiones validas ante datos imprecisos e inciertos.

Son muchos los modelos de razonamiento basados en incertidumbre entre los que podemos mencionar: los modelos lingüísticos, funciones de creencia y los modelos estadísticos. [Hruschka, 1997].

Estos últimos, en un principio no tuvieron mucha trascendencia por que computacionalmente requerían de un enorme esfuerzo, sin embargo con la aparición de las Redes Bayesianas resurgieron como una alternativa utilizada y definida por muchos autores ya que la representación grafica de ese modelo permite reducir la complejidad de los problemas, debido a que no requiere utilizar probabilidades de todas las combinaciones posibles de sucesos, por el contrario las relaciones graficas entre variables determina la independencia condicional entre ellas.

2.3.1 Redes Bayesianas

Las Redes Bayesianas son también conocidas como Redes de Influencia, Redes de Creencia, o Redes Causales, nombres que fueron utilizados por diversos autores como Pearl, Lauritzen y otros.

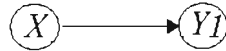
2.3.1.1 Presentación intuitiva

Antes de presentar formalmente la teoría matemática de las redes bayesianas, se explicara mediante ejemplos sencillos el significado intuitivo de los conceptos que después se aplicara.

En una red bayesiana, cada nodo corresponde a una variable, que a su vez representa una entidad del mundo real. Por tanto, de aquí en adelante hablaremos indistintamente de nodos y variables, y los denotaremos con letras mayúsculas, como X . Utilizaremos la misma letra en minúscula, x , para referirnos a un valor cualquiera de la variable X . Los arcos que unen los nodos indican relaciones de influencia causal.

Ejemplo.

La red bayesiana no trivial más simple que podemos imaginar consta de dos variables, que llamaremos X e Y , y un arco desde la primera hasta la segunda.



Para concretar el ejemplo, supongamos que X representa paludismo e $Y1$ representa gota gruesa, que es la prueba más habitual para detectar la presencia de dicha enfermedad.

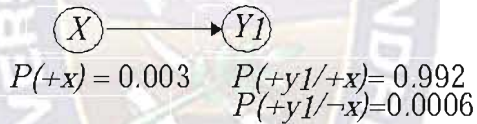
Cuando X sea una variable binaria, denotaremos por $+x$ la presencia de aquello a lo que representa y por $\neg x$ a su ausencia. Así, por ejemplo en este caso $+x$ significará “el paciente tiene paludismo” y $\neg x$ “el paciente no tiene paludismo; $+y1$ significará un resultado positivo del test de la gota gruesa y $\neg y1$ un resultado negativo.

La información cuantitativa de una red bayesiana viene dada por:

- La probabilidad a priori de los nodos que no tienen padres.
- La probabilidad condicionada de los nodos con padres.

Por tanto, en nuestro ejemplo, los datos que debemos conocer son $P(x)$ y $P(y1/x)$.

Así, la red bayesiana completa sería:



Veamos qué significado tienen en este caso estos valores:

- $P(+x) = 0.003$ indica que, a priori, un 0.3% de la población padece el paludismo. En medicina, esto se conoce como prevalencia de la enfermedad.
- $P(+y1/+x) = 0.992$ indica que cuando hay paludismo, el test de la gota gruesa da positivo en el 99.2% de los casos. Esto se conoce como sensibilidad del test.
- $P(+y1/\neg x) = 0.0006$ indica que cuando no hay paludismo, el test de la gota gruesa da positivo en el 0.06% de los casos, y negativo en el 99.94%. A esta segunda probabilidad se la llama especificidad del test.

En medicina siempre se buscan las pruebas con mayor grado de sensibilidad y especificidad

Conociendo estos datos, podemos calcular:

- a) La probabilidad a priori de $Y1$,

$$P(+y1) = P(+y1/+x) P(+x) + P(+y1/-x) P(-x) = 0.00357.$$

$$P(-y1) = P(-y1/+x) P(+x) + P(-y1/-x) P(-x) = 0.99643.$$

b) Las probabilidades a posteriori dada una evidencia observada e , $P^*(x) = P(x/e)$.

Supongamos que el test de la gota gruesa ha dado positivo. ¿Qué probabilidad hay ahora de que la persona padezca la enfermedad?. Si la prueba tuviese fiabilidad absoluta, esta probabilidad sería del 100%. Pero como existe la posibilidad de que haya habido un falso positivo, buscamos $P^*(+x) = P(+x/+y1)$. Para calcularla, podemos aplicar el teorema de Bayes:

$$P^*(+x) = P(+x/+y1) = \frac{P(+x) P(+y1/+x)}{P(+y1)} = \frac{0.003 * 0.992}{0.00357} = 0.83263$$

Es decir, de acuerdo con el resultado de la prueba, hay un 83,2% de probabilidad de que el paciente tenga paludismo.

De la misma forma podríamos calcular $P^*(-x)$:

$$P^*(-x) = P(-x/+y1) = \frac{P(-x) P(+y1/-x)}{P(+y1)} = \frac{0.997 * 0.0006}{0.00357} = 0.16737$$

Que, por supuesto, es la probabilidad complementaria.

Por razones que quedarán claras más adelante, vamos a reescribirla como;

$$P^*(x) = P(x) P_{y1}(x)$$

Donde $P_{y1}(x) = \frac{P(+y1/+x) P(+x)}{P(+y1)}$ y $P(x/y) = P(x/y)$

Con la fórmula expresada de esta forma, queda claro que la probabilidad a posteriori de la variable X depende fundamentalmente de la probabilidad a priori de X (prevalencia de la enfermedad) y de la probabilidad condicionada de Y dado X (sensibilidad y

especificidad del test), puesto que c_3 juega simplemente el papel de una constante de normalización.

Utilizando esta nueva expresión, podemos repetir los cálculos:

$$P^*(+x) = c_3 0.003 * 0.992 = 0.00298 c_3.$$

$$P^*(-x) = c_3 0.997 * 0.0006 = 0.000598 c_3.$$

Y normalizando obtenemos el mismo resultado que antes.

Para el caso en que el test de la gota gruesa diese negativo, la probabilidad a posteriori de padecer paludismo se calcula con un procedimiento totalmente análogo.

A continuación se indican algunas definiciones y notaciones propias de la terminología de las redes bayesianas:

- **Nodo.** Un nodo X es una variable aleatoria que puede tener varios estados x_i .
La probabilidad de que el nodo X este en el estado x se denotará como $P(x) = P(X=x)$.
- **Arco.** Es un par ordenado (X, Y) . Esta definición de arco corresponde a lo que en otros lugares se denomina arco dirigido. En la representación gráfica, un arco (X, Y) viene dado por una flecha desde X hasta Y .
- **Grafo dirigido.** Es un par $G = (N, A)$ donde N es un conjunto de nodos y A un conjunto de arcos definidos sobre los nodos.
- **Grafo no dirigido.** Es un par $G = (N, A)$ donde N es un conjunto de nodos y A un conjunto de arcos no orientados (es decir, pares no ordenados (X, Y)) definidos sobre los nodos.
- **Ciclo.** es un camino no dirigido que empieza y termina en el mismo nodo X .
- **Grafo acíclico.** es un grafo que no contiene ciclos.
- **Padre.** El nodo X es un padre del nodo Y , si existe un arco (X, Y) entre los dos nodos.

- **Hijo.** El nodo Y es un hijo del nodo X , si existe un arco (X, Y) entre los dos nodos.
- **Antepasado o ascendiente.** X es un antepasado o ascendiente de Z si y sólo si existe un camino dirigido de X a Z .
- **Descendiente.** Z es un descendiente de X si y sólo si X es un antepasado de Z . Al conjunto de los descendientes de X lo denotaremos por $de(X)$.
- **Variable proposicional** es una variable aleatoria que toma un conjunto exhaustivo y excluyente de valores. Se denota con letras mayúsculas, por ejemplo X , y a un valor cualquiera de la variable con la misma letra en minúscula, x .

La definición de variable proposicional tiene su importancia a la hora de modelar un problema con una red bayesiana, ya que deberemos tener en cuenta que los nodos de la red son variables proposicionales y por tanto deben tomar un conjunto exhaustivo y excluyente de valores.

Así si por ejemplo estamos construyendo un sistema de diagnóstico médico en que las enfermedades posibles son gripe, faringitis y alergia, cada una de estas enfermedades será representada por un nodo diferente (que tomará valores *si/no*) ya que nada impide que un paciente padezca dos o más enfermedades a la vez (es decir, el conjunto de valores no es excluyente), o una enfermedad no considerada por el sistema (no es exhaustivo). Sin embargo si estamos construyendo un sistema de clasificación de animales en el que hemos representado todas las posibilidades, debemos introducir una única variable, ya que un animal no puede ser a la vez una vaca y un burro.

A continuación se describirán los fundamentos teóricos de las redes bayesianas.

2.3.1.2 Definición formal de Redes Bayesianas

Una red bayesiana es un grafo acíclico dirigido en el que los nodos representan variables aleatorias que pueden ser continuas o discretas; en las siguientes definiciones se utilizarán letras mayúsculas para denotar los nodos (X) y las correspondientes letras minúsculas para designar sus posibles estados (x_j).

Los estados que puede tener una variable deben cumplir con dos propiedades:

- Ser **mutuamente excluyentes**, es decir, un nodo sólo puede encontrarse en uno de sus estados en un momento dado.
- Ser un conjunto **exhaustivo**, es decir, un nodo no puede tener ningún valor fuera de ese conjunto.

a) Probabilidad conjunta

Dado un conjunto de variables $\{X, Y, \dots, Z\}$, la probabilidad conjunta especifica la probabilidad de cada combinación posible de estados de cada variable $P(x_i, y_j, \dots, z_k)$

i, j, \dots, k de manera que

se cumple que:

$$\sum_{i, j, \dots, k} P(x_i, y_j, \dots, z_k) = 1$$

b) Probabilidad condicional

Dadas dos variables X e Y , la probabilidad de que ocurra j y dado que ocurrió el evento x_i es la probabilidad condicional de Y dado X y se denota como $P(y_j / x_i)$.

La probabilidad condicional por definición es:

$$P(y_j / x_i) = \frac{P(y_j, x_i)}{P(x_i)}, \text{ dado } P(x_i) > 0$$

Análogamente, si se intercambia el orden de las variables:

$$P(x_i / y_j) = \frac{P(y_j, x_i)}{P(y_j)}$$

A partir de las dos fórmulas anteriores se obtiene:

$$P(y_j / x_i) \propto \frac{P(y_j) P(x_i / y_j)}{P(x_i)}$$

esta expresión se conoce como el Teorema de Bayes que en su forma más general es:

$$P(y_j / x_i) \propto \frac{P(y_j) P(x_i / y_j)}{\sum_j P(x_i / y_j) P(y_j)}$$

al denominador se lo conoce como el Teorema de la Probabilidad Total.

En las redes bayesianas el conjunto de valores que componen la probabilidad condicional de un hijo dados sus padres, se representa en las llamadas **tablas de probabilidad condicional**.

- **Independencia**

Dos variables X e Y son independientes si la ocurrencia de una no tiene que ver con la ocurrencia de la otra. Por definición se cumple que Y es independiente de X si y sólo si:

$$P(y_j / x_i) \propto P(y_j) P(x_i) \quad i, j$$

esto implica que:

$$P(y_j / x_i) \propto P(y_j) \quad i, j$$

$$P(x_i / y_j) \propto P(x_i) \quad i, j$$

- **Evidencia**

Es el conjunto de observaciones $e = \{X = x, Y = y, \dots, Z = z\}$ en un momento dado.

- **Probabilidad a priori**

Es la probabilidad de una variable en ausencia de evidencia.

- **Probabilidad a posteriori**

Es la probabilidad de una variable condicionada a la existencia de una determinada evidencia; la probabilidad a posteriori de X cuando se dispone de la evidencia e se calcula como $P(X | e)$.

2.3.1.3 Representación del conocimiento

Una red bayesiana representa relaciones causales en el dominio del conocimiento a través de una estructura gráfica y las tablas de probabilidad condicional entre los nodos, por lo tanto el conocimiento que representa la red está compuesto por los siguientes elementos:

- Un conjunto de nodos X_j que representan cada una de las variables del modelo. Cada una de ellas tiene un conjunto exhaustivo de estados ω_j mutuamente excluyentes.
- Un conjunto de enlaces o arcos (X_i, X_j) entre aquellos nodos que tienen una relación causal. De esta manera todas las relaciones están explícitamente representadas en el grafo.
- Una tabla de probabilidad condicional asociada a cada nodo X_j , indicando la probabilidad de sus estados para cada combinación de los estados de sus padres. Si un nodo no tiene padres se indican sus probabilidades a priori.

Una vez que se ha diseñado la estructura de la red y se han especificado todas las tablas de probabilidad condicional se está en condiciones de conocer la probabilidad de una determinada variable dependiendo del estado de cualquier combinación del resto de variables de la red; para ello se debe calcular la probabilidad a posteriori de cada variable condicionada a la evidencia; estas probabilidades a posteriori se podrán obtener de forma inmediata a partir de la probabilidad conjunta de todas las variables $P(X_1, X_2, \dots, X_j)$.

A continuación se indica cómo este proceso se ve simplificado al aplicar la propiedad de independencia condicional que permite obtener la probabilidad conjunta a partir de las probabilidades condicionales de cada nodo en función de sus padres.

2.3.1.4 Independencia condicional

Como se indicó anteriormente la topología o estructura de una red bayesiana no sólo representa explícitamente dependencias probabilísticas entre variables, sino que también describe implícitamente las independencias condicionales existentes entre ellas. La siguiente

definición muestra las condiciones que deben darse para que dos variables sean condicionalmente independientes:

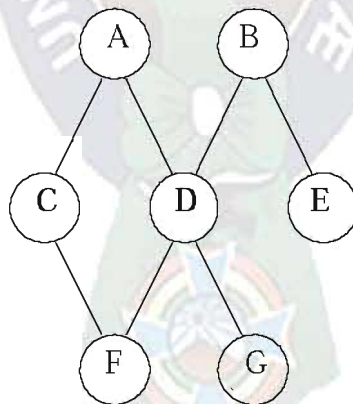
Una variable X es condicionalmente independiente de otra Y dada una tercer variable Z , si el conocer Z hace que X e Y sean independientes. Es decir, si conozco Z , Y no tiene influencia en X . Esto es: $P(X | Y, Z) = P(X | Z)$

Esta definición se traduce a que cada variable es independiente de todos aquellos nodos que no son sus “descendientes” una vez que se conocen sus propios nodos padres; a lo largo de este trabajo se utilizarán las palabras “nodos” y “variables” como sinónimos.

Gráficamente se verifica en los casos en que los nodos X e Y están separados por Z en el grafo. Esto implica que todos los caminos para ir de X a Y pasarán necesariamente por Z [Pearl, 1988].

Por ejemplo, en la red bayesiana de la figura 2.1, $\{E\}$ es condicionalmente independiente de $\{A,C,D, F,G\}$ dado $\{B\}$; con lo cual $P(E | A, B,C,D, F,G) = P(E | B)$; esto se conoce como Separación-D. [Felgaer, 2001]

Figura 2.1: Ejemplo de red bayesiana con nodos $\{A,B,C,D,E,F,G\}$



Fuente: [Felgaer, 2001]

En una red bayesiana todas las relaciones de independencia condicional representadas en el grafo corresponden a relaciones de independencia en la distribución de probabilidad. Si enumeramos los nodos de una red bayesiana, X_1, X_2, \dots, X_n , de manera que se cumpla que

cada nodo aparece en la secuencia antes que cualquiera de sus hijos, dicha red representa el siguiente aserto de independencia:

Cada variable X_j es condicionalmente independiente de las variables del conjunto

$\{X_1, X_2, \dots, X_{j-1}\}$ conocidos los valores de sus padres.

Otra manera de expresarlo es:

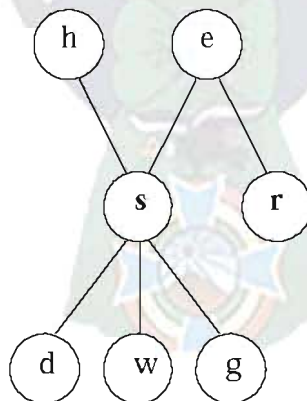
Conociendo los padres de X_j , éste se hace independiente del resto de sus predecesores.

La regla de la cadena [Pearl, 1988] sostiene que la probabilidad conjunta puede ser calculada como:

$$P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i / x_1, x_2, \dots, x_{i-1})$$

El siguiente ejemplo muestra el proceso para calcular la probabilidad conjunta de varias variables conocida la estructura gráfica de la red y sus respectivas probabilidades condicionales en función de sus padres: La figura 2.2 representa una red bayesiana que contiene el conjunto de nodos $\{d, e, h, r, s, w, g\}$;

Figura 2.2: Ejemplo de red bayesiana con nodos $\{d, e, h, r, s, w, g\}$



Fuente: [Felgaer, 2001]

Si se elige una ordenación de los nodos de manera que se cumpla que todo nodo aparece antes que sus hijos se obtiene, por ejemplo, el conjunto $\{h, e, r, s, d, w, g\}$; aplicando la regla de

la cadena y que cada nodo es independiente de sus predecesores conocidos sus padres se obtiene que:

$$P(h, e, r, s, d, w, g) \varphi P(h) P(e/h) P(r/h, e) P(s/h, e, r), \dots, P(g/h, e, r, s, d, w)$$

$$P(h, e, r, s, d, w, g) \varphi P(h) P(e) P(r/e) P(s/h, e) P(d/s) P(w/s) P(g/s)$$

La expresión anterior calcula la probabilidad conjunta de todos los nodos que componen la red a partir de las probabilidades condicionales de cada nodo en función de sus nodos padres. Dichas independencias condicionales son importantes porque simplifican la representación del conocimiento (menos parámetros) y el proceso de razonamiento o inferencia (propagación de probabilidades).

2.3.1.5 Inferencia y muestreo sistemático

La inferencia es el proceso de introducir nuevas observaciones y calcular las nuevas probabilidades que tendrán el resto de las variables; por lo tanto dicho proceso consiste en calcular las probabilidades a posteriori $P(X/Y \varphi y_i)$ de un conjunto de variables X después de obtener un conjunto de observaciones $Y \varphi y_i$ (donde Y es la lista de variables observadas e i y es la lista correspondiente a los valores observados). El fundamento matemático en el que se basan las redes probabilísticas para llevar a cabo la inferencia es el Teorema de Bayes que como se indicó se expresa como:

$$P(y_j / x_i) \varphi \frac{P(y_j) P(x_i / y_j)}{P(x_i)} \varphi \frac{P(y_j) P(x_i / y_j)}{\sum_j P(x_i / y_j) P(y_j)}$$

Las probabilidades a posteriori, $P(X/Y \varphi y_i)$, se pueden obtener a partir de la probabilidad marginal $P(X | Y)$ que a su vez puede obtenerse de la probabilidad conjunta $P(x_1, x_2, \dots, x_i)$ sumando los valores para todas las variables que no pertenezcan al conjunto $X \mp Y$. En la práctica, esto no es viable por el tiempo necesario para llevarlo a cabo ya que incrementar el número de nodos de la red aumentaría exponencialmente el número de sumas necesarias; por este motivo se han desarrollado varios algoritmos de propagación.

- **Muestreo sistemático**

Población: conjunto de casos que existen en el mundo real

Ejemplo: todos los españoles, todos los enfermos de cáncer...

Muestra: conjunto de casos recogidos en cierto estudio

Ejemplo: personas entrevistadas, pacientes examinados

Estadístico: función que se aplica a los datos disponibles

Estadístico (datos) = valor-numérico

Ejemplos: media aritmética, mediana, desviación estándar,
máximo, mínimo, cuartiles, etc.

Distribución poblacional: probabilidad de obtener cierto valor (para un solo individuo).

Ejemplo distribución bivaluada discreta con parámetro θ

$$p(m/\theta) = \frac{n!}{m!(n-m)!} \theta^m (1-\theta)^{n-m}$$

Distribución muestral de cierto estadístico:

probabilidad de que el estadístico tome cierto valor en una muestra de tamaño $n \approx \frac{N}{k}$

Si el punto de arranque elegido al azar entre 1-k es 15, el segundo número es 35, y así sucesivamente, se suma de 20 en 20 hasta completar los n elementos que conformaran la muestra.

Partiendo de la importancia que tiene para cualquier investigador conocer varios conceptos importantes de la estadística para poder desarrollar exitosamente una investigación de cualquier índole, dar tratamiento a algunos elementos de la estadística matemática de la forma mas elemental posible para que pueda ser asimilada por cualquier profesional sin tener en cuenta su especialidad. [Wesley, 1994]

- **Contraste de hipótesis**

En todas las ramas de la ciencia, cuando un investigador hace una afirmación con respecto a un fenómeno (que puede estar basada en su intuición, o en algún desarrollo teórico que parece demostrarla), debe luego probar la misma mediante la realización de experimentos. La experimentación consiste en armar un ambiente de prueba en el que ocurra el fenómeno (o buscarlo en el ambiente real) y tomar mediciones de las variables involucradas.

Luego, se realizan análisis estadísticos de los resultados para determinar si los mismos confirman la afirmación realizada.

Una hipótesis estadística es una afirmación con respecto a una característica desconocida de una población de interés. La esencia de probar una hipótesis estadística es el decidir si la afirmación se encuentra apoyada por la evidencia experimental que se obtiene a través de una muestra aleatoria. Supóngase, por ejemplo, que unos fabricantes de tubos de luz marca ACME están teniendo problemas en el mercado debido a algunos casos de mala calidad de sus productos. Para recuperar su prestigio hacen la siguiente afirmación: “El promedio de vida útil de los tubos de luz marca ACME es de 500 horas”. Y encargan a una firma independiente que haga una serie de experimentos para contrastar esta afirmación con esta otra: “El promedio de vida útil de los tubos de luz marca ACME es menor a 500 horas”.

A la afirmación “promedio = 500” se la llama hipótesis nula, y se escribe como:

$$H_0 : \text{promedio} = 500$$

A la afirmación “promedio < 500” se la llama hipótesis alternativa, y se escribe como:

$$H_E : \text{promedio} < 500$$

La hipótesis nula debe considerarse verdadera a menos que exista suficiente evidencia en su contra. Es decir, se rechazará la afirmación de que la vida útil promedio es de 500 horas sólo si la evidencia experimental se encuentra muy en contra de ésta afirmación. En caso contrario, no se podrá rechazar la afirmación basándose en la evidencia experimental. Debe notarse que no poder rechazar la afirmación no es lo mismo que aceptarla. El caso es análogo al de un juicio donde hay un sospechoso acusado de un crimen: si la evidencia es suficiente se lo declarará culpable. De lo contrario se dirá que la evidencia no alcanza para demostrar su culpabilidad.

Existen entonces dos posibles decisiones con respecto a la hipótesis nula: rechazarla ó no poder rechazarla. A su vez la hipótesis nula puede ser verdadera o falsa. Esto deja cuatro posibles escenarios:

Se denomina a la probabilidad de cometer un error de tipo I y α a la probabilidad de cometer un error de tipo II. Los valores de α y β son interdependientes. Para cada experimento, al disminuir uno de ellos aumenta el otro.

El error de tipo I se considera más grave que el de tipo II (volviendo a la analogía con el juicio, se prefiere dejar ir a un culpable y no condenar a un inocente) por lo que el procedimiento seguido habitualmente consiste en fijar un valor pequeño para a (por ejemplo, 5%) y luego tratar de minimizar b lo más que se pueda. [Wesley, 1994]

2.4 ANTECEDENTES SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts sugirieron la semejanza entre el funcionamiento del cerebro y las máquinas de Turing y propusieron las neuronas formales como modelo simplificado orientado a simular el comportamiento de las neuronas reales.

Otro de los pioneros de la IA fue Claude Shannon; además de realizar aportaciones de gran importancia sobre teoría de la información, estudió en 1950 la posibilidad de utilizar ordenadores para jugar al ajedrez [Shannon, 1950]. También los trabajos de Norbert Wiener, creador de la cibernética [Rosenblueth et al., 1943], y los de Von Neumann, autor de la teoría de autómatas [Von Neumann, 1951], ejercieron gran influencia en el surgimiento de la inteligencia artificial.

En 1950, Alain Turing discutió con profundidad la posibilidad de construir una máquina inteligente. Para formalizar la cuestión, propuso el famoso test de Turing [Turing, 1950]: una máquina puede considerarse inteligente si es capaz de mantener una conversación a través de un teletipo, como si fuera un ser humano.

La literatura posterior suele presentar el test de Turing poniendo el énfasis en la capacidad de engañar a una persona, a pesar de que la formulación original la cuestión de simular inteligencia como un juego de imitación, no como un juego de engaño [Michie, 1993].

A pesar de estos antecedentes, suele considerarse 1956 como el año en que nació la inteligencia artificial, pues el término fue acuñado por John McCarthy al convocar la Conferencia de Darmouth, basada en “la conjetura de que todo aspecto del aprendizaje o cualquier otra característica de la inteligencia puede en principio describirse con tanta precisión que pueda ser simulado mediante una máquina” [Charniak and McDermott, 1985].

Algunos de los campos que aún se estudian al interior de la IA son los siguientes:

1. **Teoría de juegos.** Se estudiaron desde el sencillo tres-en- raya hasta el difícil ajedrez. Hoy en día ya no suelen considerarse como problemas de IA, al menos los juegos más simples, pues se resuelven con algoritmos de búsqueda que no requieren el uso de conceptos.
2. **Demostración automática de teoremas.** Fue, junto con el anterior, el primer campo donde se desarrollaron programas “inteligentes”. Sigue siendo aún hoy un área importante que aporta ideas valiosas para otros relacionados con él, especialmente para los sistemas expertos.
3. **Visión artificial.** La visión de bajo nivel (filtrado) no pertenece a la IA, pero la de medio nivel (segmentación) y, sobre todo, la de alto nivel (reconocimiento) están dentro de ella.
4. **Robótica.** Trata de dar cada vez mayor flexibilidad y autonomía a los robots para que puedan adaptarse a nuevas situaciones. Está muy relacionado con la visión artificial y con los problemas de planificación.
5. **Comprensión del lenguaje.** Este es un campo muy complejo, incluso cuando el texto está ya introducido en forma de caracteres en el ordenador.
El problema se complica más aún cuando se trata de escritura manual o de una conversación, hasta el punto de que el reconocimiento del habla se considera en sí mismo como una rama de la IA, y el reconocimiento de caracteres escritos constituye uno de los problemas básicos de la visión artificial.
6. **Traducción automática.** Muy relacionado con el anterior, éste es el campo donde se produjo el fracaso más estrepitoso de la IA, debido a que se intentó hacer traducciones casi palabra por palabra, sin caer en la cuenta de la complejidad del problema. Hoy en día vuelve a ser objeto de intensa investigación, aunque abordado con las técnicas de comprensión y generación de lenguaje natural.
7. **Programación automática.** Consiste en el diseño de sistemas que generen código eficiente a partir de especificaciones parciales o imprecisas. La capacidad de un sistema para programarse a sí mismo es uno de los rasgos más característicos de la inteligencia.

8. **Interfaces inteligentes.** Su objetivo es que el usuario pueda manejar una base de datos o un sistema operativo, por ejemplo, en lenguaje natural y el sistema “adivine” sus intenciones, corrija sus errores y le dé los consejos oportunos. La disponibilidad de este tipo de interfaces es fundamental para la implantación masiva de los ordenadores en la vida cotidiana.
9. **Sistemas expertos.** Es el campo donde se han conseguido los mayores éxitos prácticos de la IA. En secciones posteriores se tratará su definición e historia, abordando diferentes aspectos, tales como inferencia, aprendizaje, explicación, obtención del conocimiento, etc.

Hay otros cuatro campos que, por plantear cuestiones fundamentales, se encuentran relacionadas con todos los mencionados anteriormente:

1. **Lenguajes de programación.** Aunque su importancia teórica es de segundo orden, en la práctica es muy útil contar con las herramientas adecuadas que faciliten el trabajo. Los lenguajes más característicos de la inteligencia artificial son LISP, PROLOG y los orientados a objetos: CLIPS.
2. **Representación del conocimiento.** Hoy en día se reconoce como una de las cuestiones claves de la IA, pues de ella depende el almacenamiento de la información, la expresividad, la eficiencia del razonamiento, el aprendizaje.
3. **Razonamiento aproximado:** La incertidumbre surge en prácticamente todas las aplicaciones reales de la IA. En secciones posteriores se hablará sobre las fuentes de incertidumbre y los métodos para tratarla.
4. **Aprendizaje.** Este es un campo tan extenso que resulta imposible intentar citar brevemente todos los tipos que existen, dependiendo del área de aplicación, fuentes de información, técnicas, objetivos, etc.

Dentro de la IA se pueden distinguir tres grandes ramas según el método que utilizan:

1. **Simbólica:** Su característica esencial es que representa los conceptos mediante símbolos. El razonamiento consiste en manipular los símbolos de acuerdo con ciertas reglas obtenidas a partir de principios lógicos.
2. **Probabilística:** Se basa en el cálculo de probabilidades, concretamente en la aplicación del teorema de Bayes, para realizar un razonamiento.

3. Aunque la inferencia se desarrolla en el ámbito numérico (cuantitativo), hay luego un paso al nivel cualitativo, pues de otro modo se estaría en el campo de las matemáticas, no en el de la inteligencia artificial.
4. **Conexionista:** Consiste en utilizar una red de neuronas artificiales (pueden ser procesadores reales o simulados mediante ordenador). Suelen utilizarse sobre todo en tareas de clasificación. La red se programa a través de ejemplos y la información se almacena en forma de pesos (números) asociados a los enlaces entre neuronas.

En general, cuando se habla de inteligencia artificial se trata de la rama simbólica, pues las redes neuronales tienen un origen independiente (por cierto, anterior a la IA simbólica) y se han desarrollado tanto en los últimos años que constituyen un campo amplio y bien diferenciado, dotado de gran vitalidad. Los esfuerzos por integrar ambas corrientes aún no han dado los frutos deseados. Por otra parte, la rama probabilística permanece unida al tronco de la IA, pues como ya se ha mencionado, necesita utilizar los métodos simbólicos para pasar del nivel cuantitativo al cualitativo.

Como comentario se debe señalar que las redes bayesianas se sitúan en la corriente probabilística en cuanto a la inferencia y al aprendizaje; sin embargo, la capacidad de explicación utiliza casi siempre procesamiento simbólico.

Si en vez de considerar los métodos se atienden los objetivos, se pueden identificar en la IA tres tendencias:

1. **Psicológica:** Se fundamenta en el estudio de la mente humana con el fin de reproducir sus capacidades mediante sistemas informáticos. La tendencia equivalente a ésta dentro de la computación neuronal sería la biológica, basada en el estudio de los sistemas nerviosos animales.
2. **Teórica:** Estudia los principios teóricos de la inteligencia que deben regir tanto al razonamiento humano como el automático. Se apoya sobre todo en el estudio de la lógica, la epistemología, la teoría de la probabilidad, la lingüística, etc.

Pragmática: Supone que la forma más eficaz de desarrollar la IA consiste en tratar de resolver problemas concretos y, a partir de la experiencia, generalizar los resultados para poder aplicarlos a áreas diferentes.

2.5 SISTEMAS EXPERTOS

Un Sistema Experto debería ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los hombres y otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas, y explicar por que se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un Sistema Experto como un consultor que puede suministrar ayuda a los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad [Durkin, 1994].

Los primeros años de la IA estuvieron dedicados a estudiar métodos de razonamiento generales, basados sobre todo en la lógica y en técnicas de búsqueda. Después de dos décadas de investigación, se llegó a la conclusión de que la potencia de un sistema depende más del conocimiento específico que posee sobre un campo concreto que de las estrategias de razonamiento que utiliza [Feigenbaum, 1977]. Surgió así en la década de los 60 el área de los sistemas expertos, que se desarrolló con fuerza en la década siguiente. Las características fundamentales de un sistema experto son:

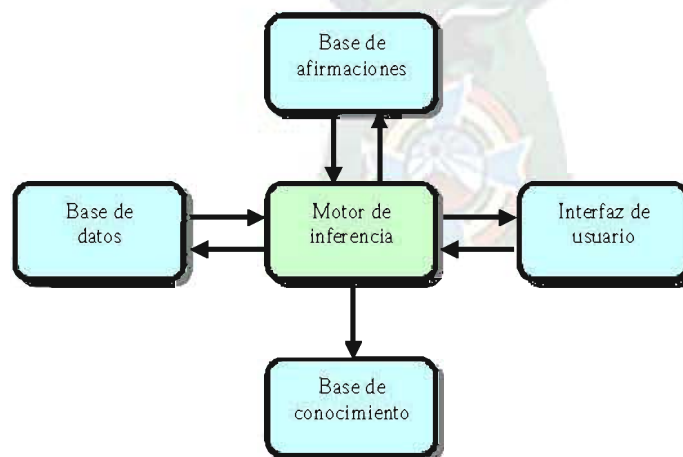
1. **Dominio reducido:** Los sistemas expertos (SE) se diferencian de otros anteriores en que, en vez de tratar de resolver problemas generales, se especializan en un campo limitado, como puede ser la interpretación de espectrogramas químicos, la prospección geológica, las enfermedades infecciosas, etc.
2. **Separación conocimiento / inferencia:** Esta es una característica presente en todos los programas de IA, y distingue los SE de programas anteriores (por ejemplo, las ayudas al diagnóstico médico basadas en árboles de decisión), en que el conocimiento sobre el campo estaba implícito en el código del programa. Esta separación tiene como primera ventaja la facilidad de ampliar o depurar el conocimiento que posee el sistema, sin tener que modificar el algoritmo de inferencia.
3. **Capacidad de explicación:** Es otra ventaja de la propiedad anterior. Al tener representado explícitamente el conocimiento, el sistema puede “reflexionar” sobre la información que posee y la forma en que la ha utilizado. En capítulos posteriores se insistirá en su importancia para que el usuario final acepte el consejo que ofrece la máquina.

4. **Flexibilidad en el diálogo:** Consiste en la capacidad de generar preguntas de acuerdo con el razonamiento, tal como puede hacer -por ejemplo- un médico en su consulta, a diferencia de los programas que presentan un cuestionario rígido con gran cantidad de preguntas irrelevantes.
5. **Tratamiento de la incertidumbre:** Esta característica es una consecuencia de la complejidad de los problemas que abordan los SE, pues en el mundo real hay muchas fuentes de incertidumbre, asociadas a los datos (inexactitudes e imprecisiones), al dominio en sí (relaciones probabilísticas) o al conocimiento disponible (información incompleta, causas desconocidas, falta de acuerdo entre los expertos, etc.)

2.5.1 Estructura Clásica de un Sistema Experto

La estructura clásica de un sistema experto se encuentra representada en la Figura 2.3. En ella se observa que el motor de inferencia es el elemento central encargado de coordinar todos los demás. Entre ellos, tiene especial importancia la base de conocimiento pues, como su nombre indica, contiene el conocimiento relativo al dominio, ya sea un campo de la medicina, de la ingeniería, etc. Generalmente consta de un conjunto de reglas, un conjunto de armazones, una red o una combinación de varios de ellos. En la Figura 2.3 se puede observar que hay una flecha desde la base de conocimiento hasta el motor de inferencias pero no a la inversa, lo cual indica que éste lee la base de conocimiento pero no la modifica, ya que en los sistemas expertos convencionales no hay aprendizaje.

Figura 2.3. Estructura convencional de un sistema experto



Fuente: modificado de [Waterman, 1986]

A diferencia de la base de conocimiento, que es estática, existe una base de afirmaciones dinámicas, donde el motor de inferencia almacena las conclusiones que va obteniendo, y a su vez busca en ella las premisas que le permitan obtener otras nuevas.

El contenido de la base de afirmaciones es diferente para cada consulta que se realiza. El tercer elemento clave de un sistema experto es el interfaz de usuario. Aparentemente, su importancia es secundaria. Sin embargo, la aceptación de un sistema experto por parte de sus destinatarios depende en gran medida de que el interfaz sea potente, fácil de manejar y agradable.

Por último, hay un componente de poca importancia conceptual, pero que resulta imprescindible en la práctica: una base de datos gestionada por el programa, pues en casi todas las aplicaciones de la vida real se hace necesario almacenar y recuperar de forma eficiente grandes cantidades de información.

Conviene insistir en la diferencia entre base de datos y base de conocimiento. La primera almacena información puntual; por ejemplo, “el paciente tiene 36 años, pesa 75 Kg., mide 1’73, padeció fiebre reumática, etc.”. La base de conocimiento, en cambio, contiene información sobre como relacionar los datos y los conceptos entre sí: “la fiebre reumática produce estenosis mitral en el 30% de las personas menores de 40 años”.

Ésta es la estructura clásica, aplicable sobre todo a los sistemas basados en reglas. En los sistemas basados en armazones, por el contrario, tanto la información relativa al dominio como las conclusiones que obtiene el sistema se almacenan dentro de los armazones, de modo que no es posible establecer la distinción entre base de conocimiento y base de afirmaciones. Algunos sistemas basados en redes almacenan la nueva información añadiendo nodos y arcos, con lo que tampoco es aplicable para ellos la distinción anterior.

Según Waterman (1986) entre las principales ventajas de los sistemas expertos, se pueden señalar las siguientes:

1. **Permanencia:** Los expertos humanos pueden morir, cambiar de empresa o perder facultades por la edad o la falta de ejercicio, malográndose así el fruto de largos años de formación, problema que no existe en absoluto para un sistema experto.

2. **Duplicación:** El experto humano se encuentra en un único lugar físico y es, obviamente, irreproducible, mientras que cuando se ha construido un sistema experto se puede fabricar un número ilimitado de copias destinadas a todos los lugares donde sean necesarias.
3. **Fiabilidad:** Un sistema experto responderá siempre de la misma manera ante un cierto problema, mientras que un experto humano puede estar condicionado por factores emocionales, prejuicios personales, tensión, fatiga, etc.
4. **Rapidez:** Un experto humano razona con rapidez cuando se trata de las cuestiones que resuelve cotidianamente, pero necesita un tiempo considerable cuando se le presenta un caso poco frecuente y debe consultar información tal como informes anteriores, datos de catálogo o referencias bibliográficas; sin embargo, un sistema experto puede realizar casi instantáneamente no sólo el cálculo numérico y la gestión de bases de datos (historia del paciente, datos de catálogo), sino también la consulta de bases de conocimiento sobre temas especializados.
5. **Bajo costo:** Es cierto que puede resultar caro inicialmente construir un sistema experto, pero una vez construido produce grandes beneficios. Además de la posibilidad de duplicación antes citada, los sistemas expertos funcionan generalmente en computadores de precio reducido y pueden estar activos 24 horas al día, incluso en ambientes perjudiciales y lugares peligrosos.

A pesar de todas las ventajas que se enuncian, presentan también grandes carencias:

1. **Sentido común:** Para una computadora no hay nada obvio. Un sistema experto médico puede admitir fácilmente que hay un paciente varón de 80 g. de peso y 1.75 m. de estatura que está embarazado desde hace tres años, salvo que el diseñador del programa haya indicado explícitamente que éstos son datos absurdos. Por más que se ponga bastante esfuerzo en la depuración de la base de conocimiento, nunca se podrá estar completamente seguro de que el sistema experto no va a dar un resultado contrario al sentido común más elemental.

2. **Flexibilidad:** La flexibilidad de un ser humano es ilimitada; inmediatamente reconoce cuándo se trata de una excepción o cuándo el caso excede sus conocimientos, y puede adaptarse a situaciones inesperadas buscando nuevas soluciones, mientras que, a pesar de los continuos progresos que se están realizando, los sistemas expertos de la actualidad y del futuro próximo seguirán siendo terriblemente rígidos.
3. **Lenguaje natural:** Todavía se está muy lejos de tener un sistema que pueda formular preguntas flexibles y mantener una conversación informal con un usuario o con un paciente. Lo mismo se puede decir en cuanto a la capacidad de generar explicaciones e informes.
4. **Experiencia sensorial:** Casi todos los sistemas expertos de la actualidad se limitan a recibir información mediante un teclado y un ratón. Sólo algunos disponen de tratamiento de imágenes, y aun éste resulta ridículo comparado con la capacidad visual humana, por no hablar de la capacidad auditiva, táctil y olfativa.
5. **Perspectiva global:** Un experto humano es capaz de detectar inmediatamente con gran habilidad cuáles son las cuestiones centrales y cuáles son secundarias, y saber que hay detalles que encierran la clave del problema mientras que una infinidad de ellos es realmente insignificante.

En el caso particular de la ecocardiografía se observan claramente todas estas limitaciones y algunas más. Un médico experto es capaz rechazar a primera vista datos absurdos, de adaptarse a casos extraños, y mientras realiza el eco puede hablar con el paciente, captar el latido del corazón, observar su peso, estatura, color de la piel y mil detalles más, considerar su situación familiar y laboral, comprender su estado anímico, tranquilizarle cuando sea necesario, y tener en cuenta una cantidad ilimitada de información que nunca estará disponible para un sistema experto. Por tanto, la idea de sustituir un médico por una computadora, aparte de todos los problemas jurídicos, éticos y psicológicos que pueda plantear, es irrealizable hoy en día y seguirá siéndolo, al menos durante muchos años.

2.5.2 Representación del Conocimiento y Razonamiento

En los primeros años de la IA, se insistió sobre todo en buscar mecanismos de razonamiento potentes y eficientes aplicables a todo tipo de problemas. Posteriormente, fue descubriéndose de forma progresiva el valor del conocimiento que posee el sistema y, por tanto, la importancia de la forma de representarlo, hasta el punto de que hay quien considera

que ésta es la piedra angular de la inteligencia artificial [Brachman and Levesque, 1985]. El aprendizaje automático es otro de los aspectos en el que la representación del conocimiento desempeña un papel esencial.

Brachman y Levesque (1985) señalan la necesidad de buscar un compromiso entre expresividad y eficiencia al escoger el método de representación. La expresividad puede definirse grosso modo como la capacidad de realizar afirmaciones no explícitas. Así, el “lenguaje” de una base de datos es muy poco expresivo: no se puede afirmar “hay al menos una persona con ingresos superiores a 1500 dólares mensuales” a menos que se indique quién es esa persona y cuáles son sus ingresos exactos. La lógica de predicados, en el otro extremo, es mucho más expresiva, pero resulta completamente ineficiente incluso en problemas muy reducidos. El debate sobre cuál es el método de representación más adecuado está lejos de llegar a una conclusión. Por ello, gran parte de la investigación actual ha adoptado una tendencia pragmática, que consiste en estudiar qué combinación de los métodos existentes puede resultar más conveniente en cada caso concreto. Es lo que se conoce como representaciones híbridas.

2.5.2.1. Lógica

El empleo de la lógica en IA se remonta a los orígenes de este campo, como se ha mencionado anteriormente. Sin embargo, decidir hasta qué punto la lógica resulta válida y útil para resolver problemas del mundo real sigue siendo tema de intenso debate en el que no se intenta ingresar (dos referencias recientes que representan las dos tendencias opuestas son [Nilsson, 1991] y [Birnbaum, 1991])

En IA se ha utilizado sobre todo la lógica de predicados, desarrollada por Frege³ en el siglo pasado, pues la lógica proposicional de George Boole, es tan sencilla que resulta poco expresiva. La lógica de predicados, en cambio, admite los cuantificadores universal y existencial.

La principal ventaja de la lógica es su expresividad, frente a otros métodos de representación, en que algunos problemas ni siquiera pueden enunciarse. Su mayor desventaja desde el punto de vista práctico es la ineficiencia, debida a la falta de estructuración. Otra gran desventaja práctica es que resulta difícil y engorroso, casi imposible, tratar la incertidumbre en la lógica de predicados.

³ Frege, 1815-1864. Lógica proposicional: Una lógica muy sencilla. También se le denomina Lógica booleana, por el matemático George Boole

Existen en la actualidad numerosas extensiones de la lógica; las más importantes dentro de la IA son las pertenecientes a las ramas modales, no-monótonas y multivaluadas (para profundizar esta temática ver [Shapiro, 1992]).

Por último, dentro de este apartado suele citarse el lenguaje PROLOG, diseñado por A. Colmerauer y P. Roussel en la Universidad de Marsella (Francia) hacia 1970 a partir de las ideas de R.A. Kowalski sobre programación lógica, la cual pretende ser una implementación de la lógica de predicados, aunque con importantes diferencias:

1. Este lenguaje no incluye toda la expresividad de la lógica de predicados, sino que sólo admite cláusulas de Horn (cláusulas del tipo $P_1 \wedge \dots \wedge P_n \rightarrow C$).
2. La deducción de PROLOG se basa en la hipótesis del mundo cerrado: toda afirmación que no se encuentra entre las afirmaciones explícitas ni se puede deducir de ellas, se considera falsa.
3. Para que el razonamiento sea mínimamente eficiente en problemas reales hace falta incluir instrucciones de control, con lo que se pierde la ventaja más pregonada de la programación lógica: su carácter puramente declarativo.
4. Otro motivo, también relacionada con el problema del control de la ejecución, es que el orden de la inferencia depende de la ordenación de las cláusulas, por lo que la eficiencia exige tener muy en cuenta este factor a la hora de escribir un programa; éste es otro motivo por el que se pierde el carácter puramente declarativo de la programación lógica.

2.5.2.2 Redes asociativas

A finales de los años 1960, Ross Quillian (1968) introdujo las redes en IA como modelo asociativo de la memoria humana, concretamente en el campo del lenguaje natural (comprensión y traducción); para ello, desarrolló redes que representaran el significado de las palabras (vocabulario inglés). Un método similar fue utilizado por Patrick Winston en su sistema de aprendizaje aplicado a visión artificial [Winston, 1970] (el ejemplo más típico es la representación de un arco); por Jaime Carbonell, en el sistema SCHOLAR [Carbonell, 1970]; por Roger Shank (1972), cuyo objetivo era representar conceptos, en lugar de los términos de un idioma particular; por John Sowa (1984) en sus grafos conceptuales y por muchos otros [Sowa, 1992].

Las redes de Quillian fueron llamadas redes semánticas porque representaban el significado de las palabras de la lengua inglesa. Otros formalismos inspirados en su trabajo suelen ser llamados también redes semánticas, aunque -en nuestra opinión- resulta incorrecto utilizar dicho término cuando se trata, por ejemplo, de redes de clasificación o de redes causales. La denominación adecuada para los sistemas de representación que relacionan conceptos mediante nodos y arcos es redes asociativas.

Las dos características que distinguen los distintos tipos de redes son:

1. Tipo de conocimiento representado: Las redes semánticas, como su propio nombre indica, representan el significado de los conceptos. En consecuencia, sus arcos corresponden a relaciones lingüísticas espaciales, temporales, causales y de muchos otros tipos, por lo que llevan etiquetas como “produce”, “es-parte-de”, “pertenece-a”, “desemboca-en”, etc. Las redes de clasificación, en cambio, sólo admiten dos tipos de arcos: “instancia-de” y “subclase-de”. En las redes causales hay un solo tipo de arco, que va siempre de la causa al efecto. (La red de CASNET mencionada anteriormente, las redes bayesianas y las redes cualitativas son casos particulares de redes causales.)
2. Método de inferencia: Como consecuencia de lo anterior, las redes semánticas tienen un mecanismo de inferencia propio, basado en el significado de cada arco. Por ejemplo, un arco del tipo “pertenece-a” y otro del tipo “desemboca-en” darán lugar a conclusiones muy diferentes.

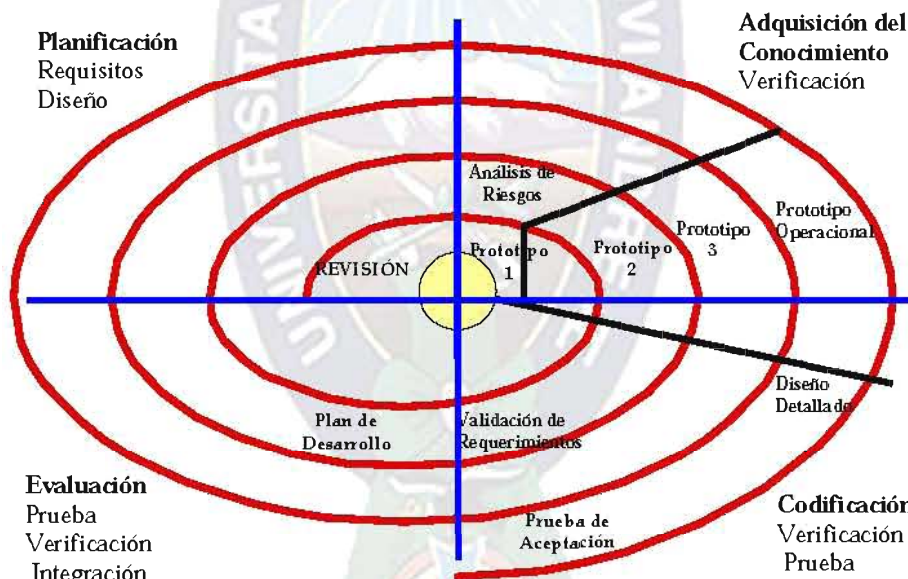
2.5.3 Ciclo de Vida de un Sistema Experto

Uno de los métodos clave de la ingeniería del software es el denominado ciclo de vida o modelo de proceso, que es el periodo que comienza con el concepto inicial del software y termina con su retiro del uso. Más que pensar en el desarrollo y mantenimiento por separado, el concepto de ciclo de vida proporciona una continuidad que conecta todas las etapas. La planificación para el mantenimiento y la evolución en las primeras etapas de ciclo de vida reduce el costo de estas etapas más adelante [Giarratano & Riley, 2001]

2.5.3.1. Modelo en espiral

Una forma de visualizar el modelo progresivo es una adaptación del “modelo en espiral” convencional, como se muestra en la figura 2.4. Cada circuito de la espiral agrega alguna capacidad funcional al sistema. El rótulo de punto final, “sistema distribuido”, en realidad no es el fin de la espiral, sino que se iniciara una nueva espiral con el mantenimiento y la evolución del sistema. La espiral puede refinarse aún más para especificar con mayor precisión las etapas generales de adquisición de conocimiento, codificación, evaluación y planificación espiral con el mantenimiento y la evolución del sistema. La espiral puede refinarse aún más para especificar con mayor precisión las etapas generales de adquisición de conocimiento, codificación, evaluación y planificación.

Figura 2.4 Modelo espiral para desarrollo de sistemas expertos



Fuente: [Giarratano & Riley, 2001]

CAPÍTULO III

MARCO DE INGENIERÍA

Como se ha mencionado un sistema experto es un sistema basado en conocimiento que tiene su dominio en la inteligencia artificial, es importante mencionar que para la construcción de un modelo basado en conocimiento se necesita mecanismos para la adquisición de conocimiento, considerada la tarea mas complicada en la ingeniería del conocimiento y, posteriormente la representación del conocimiento en atención a lo descrito.

Los pasos que sigue la ingeniería del conocimiento están sujetos a los modelos tradicionales: análisis, diseño, código, pruebas y mantenimiento [Giarratano y Riley⁴, 2001].

Dado que los tipos de problemas en que se enfoca el presente trabajo son de clasificación, todas las bases de datos utilizadas se componen de diversas variables de entrada y una sola de salida (variable clasificadora); esta última puede tomar uno sólo de sus valores por cada caso (esto significa que las clases deben ser mutuamente excluyentes).

Si bien no se ha seguido una metodología concreta de desarrollo, se ha puesto el énfasis en la fase de análisis del conocimiento, pero paralelamente se ha construido un prototipo para tener realimentación.

⁴ Giarratano J. y Riley, 2001 *Sistemas Expertos: Principios y Programación*. Tercera Edición. Thomson Editores. Mexico.

3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA

En el capítulo II, se ha analizado las redes bayesianas en sus aspectos generales. Vamos a describir ahora en el capítulo III, la aplicación de esos conceptos en el desarrollo de un sistema experto para trastornos de ansiedad, denominado SETRA.

3.1.1 Datos Clínicos

Son los más fáciles, rápidos y baratos de obtener. Se recogen siempre en la consulta del médico antes de solicitar las pruebas complementarias.

En la siguiente tabla apreciaremos dos tablas en las cuales se muestran los datos referentes a la epidemiología por los trastornos de ansiedad

Tabla 3.1 Epidemiología de los trastornos de ansiedad

TIPO DE TRASTORNO	PORCENTAJE POBLACIÓN
TRASTORNO DE PÁNICO SIN AGORAFOBIA	0,8 % - 1 %
TRASTORNO DE PÁNICO CON AGORAFOBIA	1,2 % - 3,8 %
FOBIAS ESPECÍFICAS	4,1 % - 7,7 %
FOBIA SOCIAL	1,7 % - 2 %
TRASTORNO OBSESIVO COMPULSIVO (T.O.C.)	1,6 % - 2,5 %
TRASTORNO DE ANSIEDAD GENERALIZADA (T.A.G.)	6,4 % - 7,6 %
TRASTORNO DE ESTRÉS POSTRAUMÁTICO	1 %

Fuente: [Manual D.S.M. IV, 2001]

Considérese la función de probabilidad conjunta de las tres variables binarias X , Y y Z dadas en la Tabla 3.2. Entonces se tiene:

Las funciones de probabilidad marginal de X , Y y Z se muestran en la Tabla 3.3. Por ejemplo, la función de probabilidad marginal de X se calcula mediante

Tabla 3.2 Función de probabilidad conjunta de tres variables binarias.

x	y	z	p(x,y,z)
0	0	0	0.12
0	0	1	0.18
0	1	0	0.04
0	1	1	0.16
1	0	0	0.09
1	0	1	0.21
1	1	0	0.02
1	1	1	0.18

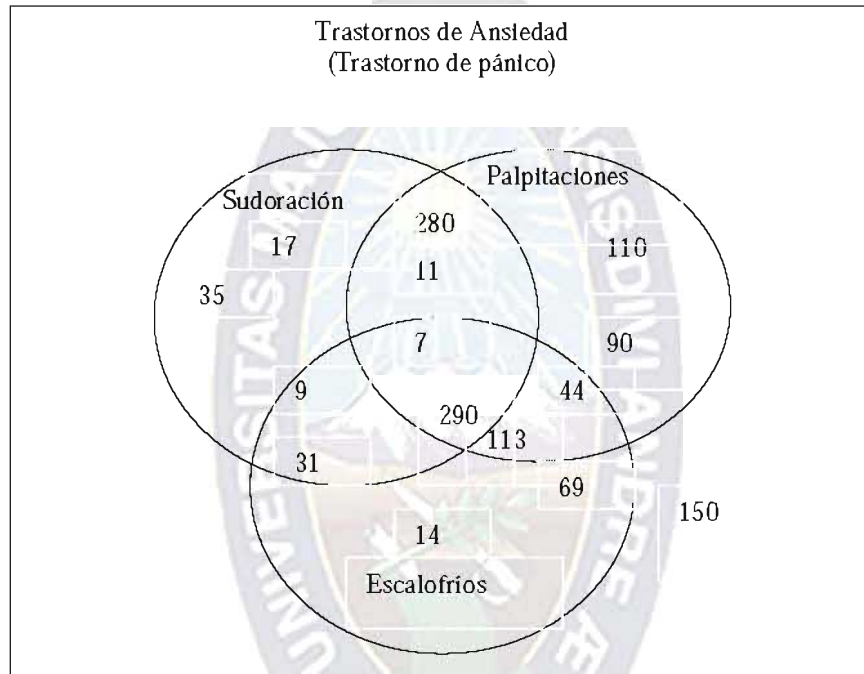
Fuente: [Centro IMA - Centro de Investigaciones médicas en ansiedad]

Donde: x,y,z.
 X =Síntoma de palpitaciones
 Y =Síntoma sudoración
 Z =Síntoma Escalofríos

El centro médico tiene una base de datos consistente en las historias clínicas de $N = 873$ pacientes. Estas historias clínicas se resumen gráficamente en la Figura 3.1. Existe 873 pacientes (la región sombreada) que tienen la enfermedad trastorno de pánico (T), y 397 que no la tienen (se considera estar sano como otro valor posible de la enfermedad). Tres síntomas, palpitaciones (X), sudoración (Y) y Escalofríos (Z), se considera que están ligados a esta enfermedad. Por tanto, cuando un paciente nuevo llega al centro médico, hay una probabilidad $700/1,000 = 70\%$ de que el paciente tenga trastorno de pánico. Esta es la probabilidad inicial, o “a priori”, puesto que se calcula con la información inicial, es decir, antes de conocer información alguna sobre el paciente. Por simplicidad de notación, se utiliza (t) para indicar que la enfermedad está presente y (\bar{t}) para indicar que la enfermedad está ausente. Notaciones similares se utilizan para los síntomas.

Por ello, se puede utilizar el teorema de Bayes para actualizar la probabilidad “a posteriori” usando ambas, la probabilidad “a priori” y la verosimilitud, tal como se muestra aplicando a los trastornos de ansiedad .Los datos fueron obtenidos de Centro IMA (Centro de Investigaciones Médicas en Ansiedad)

Figura. 3.1 Trastornos de Ansiedad y tres síntomas.



Fuente: Modificado Centro IMA

El 51% de los pacientes que tienen la enfermedad tienen escalofríos, puesto que:

$p(z/\bar{t}) = \text{card}(z, \bar{t})/\text{card}(\bar{t}) = 448/873 = 0.513172$, mientras que sólo 32% de los pacientes que no tienen la enfermedad escalofríos, puesto que:

$$p(z/t) = \text{card}(z, t)/\text{card}(t) = 129/397 = 0.34937.$$

El 46% de los pacientes que tienen la enfermedad tienen escalofríos y palpitaciones,

$p(z, p/\bar{t}) = \text{card}(z, x, \bar{t})/\text{card}(\bar{t}) = 403/873 = 0.461626$, mientras que sólo el 12% de los que no tienen la enfermedad escalofríos y palpitaciones,

$$p(z, p/t) = \text{card}(z, x, t)/\text{card}(t) = 51/397 \approx 0.128463$$

Puesto que la probabilidad inicial de que el paciente tenga trastorno de pánico $p(t) = 0.7$, no es suficientemente alta para hacer un diagnóstico (nótese que tomar una decisión ahora implica una probabilidad 0.3 de equivocarse), se decide examinar al paciente para obtener mas información. Supóngase que los resultados del examen muestran que el paciente tiene los síntomas escalofríos ($Z = z$) y palpitaciones ($X = x$). Ahora, dada la evidencia (el paciente tiene esos síntomas), ¿cuál es la probabilidad de que el paciente tenga la enfermedad? Esta probabilidad “a posteriori” puede ser obtenida de la probabilidad “a priori” y de las verosimilitudes, aplicando el teorema de Bayes en dos etapas, como sigue:

$$p(t/z) \varphi \frac{p(t) p(z/t)}{p(t) p(z/t) \square p(\bar{t}) p(z/\bar{t})}$$

$$\varphi \frac{0.7 * 0.513174}{(0.7 * 0.513172) \square (0.3 * 0.34937)} \varphi 0.774129$$

Se observa que $Z=z$ y $X=x$ la probabilidad “a posteriori es”:

$$p(t/z, x) \varphi \frac{p(t) p(z, x/t)}{p(t) p(z, x/t) \square p(\bar{t}) p(z, x/\bar{t})}$$

$$\varphi \frac{0.7 * 0.461626}{(0.7 * 0.461626) \square (0.3 * 0.128463)} \varphi 0.89344$$

Nótese que cuando se aplica el teorema de Bayes sucesivamente, la probabilidad “a posteriori” calculada en una etapa dada es la misma que la probabilidad “a priori” en la etapa siguiente. Por ejemplo, la probabilidad “a posteriori”, que se ha calculado en la primera etapa anterior, puede ser usada como probabilidad “a priori” en la segunda etapa, es decir, que da la misma respuesta.

$$p(t/z, x) \varphi \frac{p(t/z) p(x/t, z)}{p(t/z) p(x/t, z) \square p(\bar{t}/z) p(x/\bar{t}, z)}$$

$$\varphi \frac{0.7 * 0.461626}{(0.77412 * 0.89344) \square (0.2258 * 0.389)} \varphi 0.897794$$

Nótese también que la probabilidad cambia tras observar las evidencias. La probabilidad de tener la enfermedad era inicialmente 0.7, después aumento a 0.774129, y luego a 0.897794 tras observar la evidencia acumulada $Z = z$ y $X = x$, respectivamente. Al final de la última etapa, el paciente tiene una probabilidad 0.897794 de tener la enfermedad. Esta probabilidad puede ser suficientemente alta (comparada con la probabilidad “a priori” 0.7) para que el experto que diagnostique que el paciente tiene la enfermedad. Sin embargo, sería conveniente observar nuevas evidencias antes de hacer este diagnóstico.

3.1.2 Modeló Cualitativo

El modeló cualitativo del sistema experto que se esta desarrollando requiere definir variables que representan alguna entidad del mundo real como por ejemplo los síntomas, enfermedades.

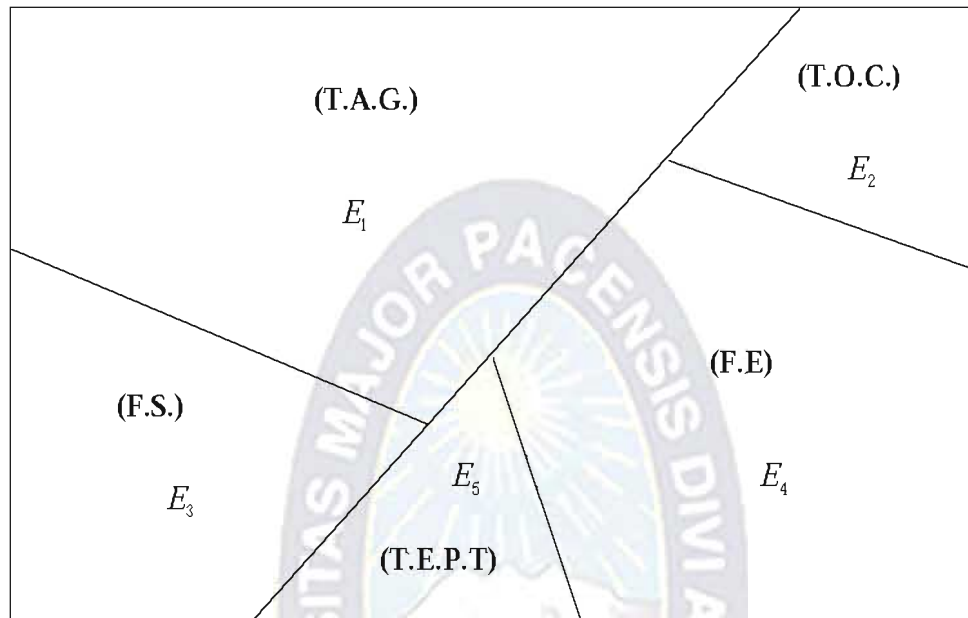
Cada variable se constituye en un nodo de la red. Estas variables por lo general tienen dos estados que representan presencia o ausencia.

Por otra parte las variables. Debe constituir un conjunto exclusivo y exhaustivo, esto significa que dos variables no pueden tomar ningún valor fuera de un conjunto definido.

Supóngase que se dispone de una base de datos con información sobre N pacientes y que un paciente puede tener una y sólo una de m enfermedades, E_1, \dots, E_m , tal como muestra la Figura.3.2 para $m = 5$ enfermedades. Supóngase también que un paciente puede tener ninguno, uno, o mas de n síntomas S_1, \dots, S_n , como indica la Figura 3.3 para $n = 3$ síntomas. Por simplicidad, supóngase que la variable aleatoria enfermedad, E , toma como valores las enfermedades E_1, \dots, E_m . Supóngase también que los síntomas son variables binarias, de forma que cada una toma el valor 1, si está presente, o el valor 0, si está ausente. Nótese que

cualquier variable aleatoria en el conjunto $\{E, S_1, \dots, S_n\}$ define una partición del conjunto universal de pacientes en una clase disjunta y exhaustiva de conjuntos.

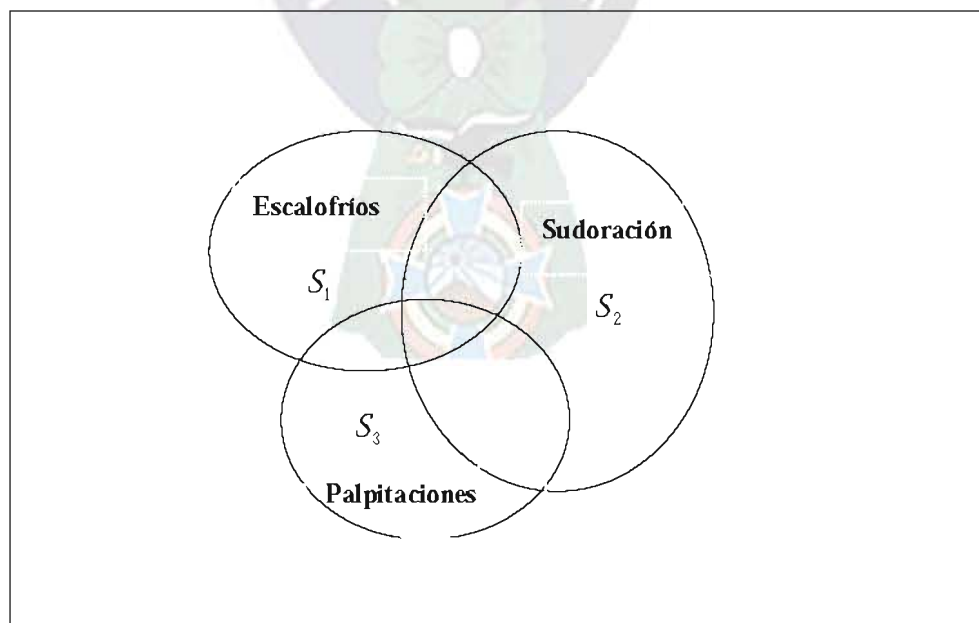
Figura 3.2: Cinco enfermedades exclusivas E1-E5, en trastornos de ansiedad



Fuente: Centro IMA

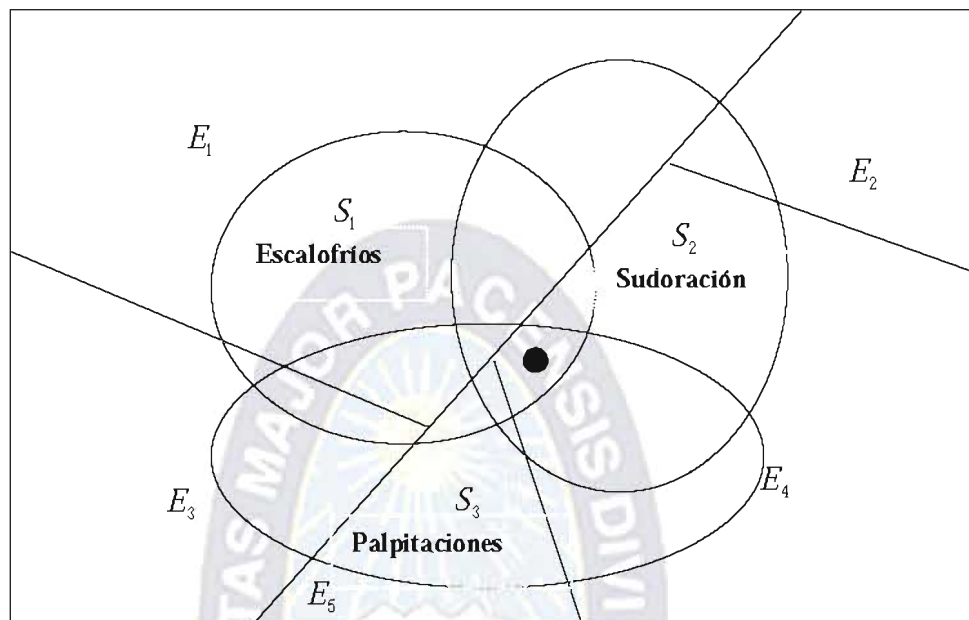
Donde: Fobias Específicas (F.E.), Fobia social (F.S.), trastorno obsesivo compulsivo (T.O.C), Trastorno de Ansiedad Generalizada (T.A.G.) y Trastorno de estrés postraumático (T.E.P.T).

Figura 3.3: Síntomas generalizados de trastornos de ansiedad S1-S3



Fuente: Modificado Centro IMA

Figura 3.4: Proviene de superponer las figuras 3.2 y 3.3



Fuente: Centro IMA

En este ejemplo, los objetos o variables son la enfermedad E y los síntomas S_1, \dots, S_n . La función de probabilidad conjunta de las variables (E, S_1, \dots, S_n) está dada por las frecuencias, es decir, el número de pacientes que hay en cada una de las regiones del diagrama de la Fig. 2.5.3. Continuando con la notación introducida, una variable se representa mediante una letra mayúscula, mientras que la letra minúscula correspondiente representa uno de sus valores posibles (realizaciones). En este ejemplo, la enfermedad D se supone que toma m valores posibles y los síntomas se suponen binarios. En otras palabras, los posibles valores de E son e_1, \dots, e_m , y los valores posibles de la variable S_j son 1 (presente) o 0 (ausente).

Las probabilidades asociadas a la enfermedad E pueden ser estimadas mediante

$$p(E = e) \approx \text{card}(E = e) / N,$$

donde N es el número total de pacientes de la base de datos y $\text{card}(E = e)$ es el número de pacientes con $E = e$. Por ejemplo,

- Enfermedad e_1 presente: $p(E = e_1) \approx \text{card}(E = e_1)/N$,
- Enfermedad e_1 ausente: $p(E \neq e_1) \approx \text{card}(E \neq e_1)/N$.

Un problema que surge con frecuencia en diagnóstico médico es que sólo se observan un subconjunto de síntomas, y basándose en los síntomas observados, se desea diagnosticar con un grado de certeza razonable la enfermedad que dan lugar a los síntomas. En otras palabras, se necesita abordar la cuestión siguiente: Dado que un paciente presenta un subconjunto de k síntomas

$S_1 = s_1, \dots, S_k = s_k$, ¿cuál es la enfermedad que tiene el paciente con mayor probabilidad? Por ello, el problema consiste en calcular la probabilidad de que el paciente tenga la enfermedad e_i , dado el conjunto de valores s_1, \dots, s_k de los síntomas S_1, \dots, S_k . En otras palabras, para $i = 1, \dots, m$, se desean calcular las probabilidades condicionales $p(E = e_i/S_1 = s_1, \dots, S_k = s_k)$. Se puede pensar en este como un problema de clasificación generalizado: Un paciente puede ser clasificado en uno o más grupos (enfermedades). Por ejemplo, se pueden obtener las probabilidades que se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Probabilidades condicionales de todas las enfermedades e_i

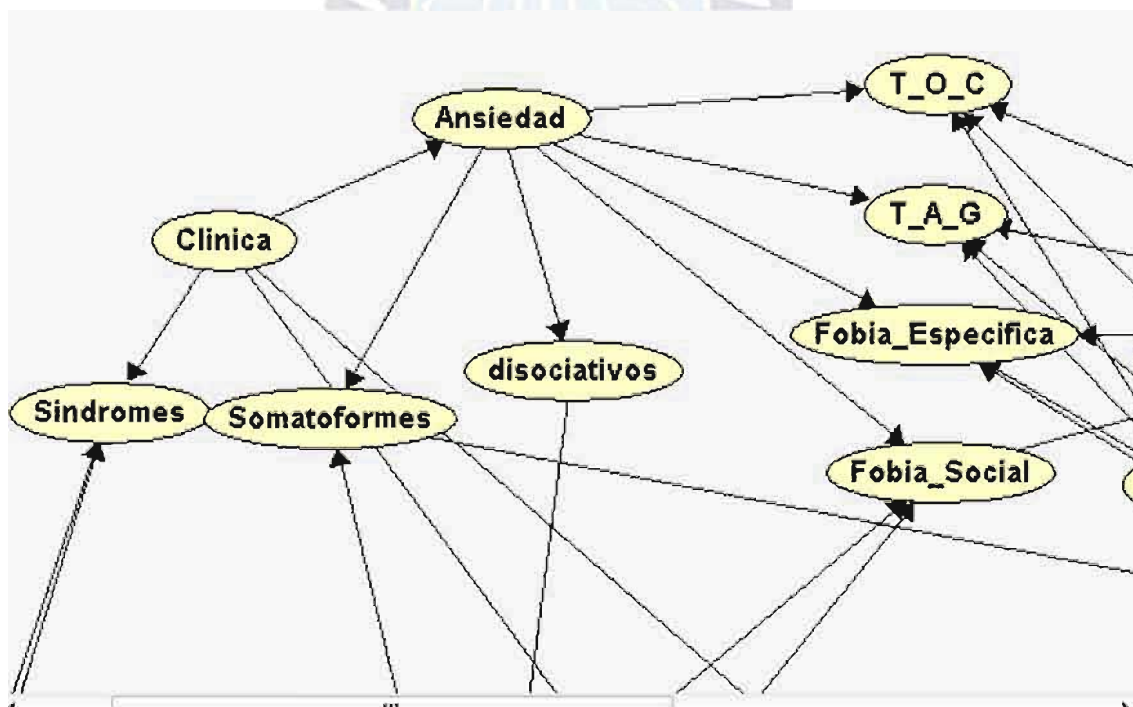
Enfermedad e	$p(e/s_1, \dots, s_k)$
e_1	0.2
e_2	0.1
e_3	0.8 mas probable
e_4	0.4
e_5	0.0 menos probable
e_6	0.7
.	.
.	.
.	.

Fuente: [Centro IMA, 2001]

Donde $\text{card}(e_i, s_1, \dots, s_k)$ es la frecuencia de aparición en la base de datos de los pacientes que tienen los valores indicados de las variables.

Considérese el grafo dirigido mostrado en la Figura 3.5 y supóngase que todas las variables del conjunto $\{A,B,C,D,E,F,G\}$. Este grafo dirigido define una red Bayesiana por medio de las funciones de probabilidad condicionada que definen la siguiente factorización de la función de probabilidad $p(a, b, c, d, e, f, g) = p(a)p(b)p(c/a)p(d/a, b)p(e)p(f/d)p(g/d, e)$, ver reglas en el anexo B. En este caso, las funciones de probabilidad condicionada son tablas de probabilidades para las diferentes combinaciones de valores de las variables. La Tabla 3.4 muestra un ejemplo de los valores numéricos necesarios para definir el conjunto de funciones de probabilidad condicionada dadas. Por tanto, el grafo dirigido acíclico de la Figura 3.5 junto con el conjunto de probabilidades condicionadas dado en la Tabla 3.4 definen una red Bayesiana multinomial.

Figura 3.5: Porción de la red para el trastorno de ansiedad



Fuente: elaboración propia

Donde: Ansiedad (A.), Fobia social (B.), trastorno obsesivo compulsivo (C), Trastorno de Ansiedad Generalizada (D), fobia específica (E), disociativos (F) y somatoformes (G).

Tabla 3.4: Func.Prob. Condicionada correspondientes a la figura 3.5

a	p(a)
0	0.3
1	0.7

b	p(b)
0	0.6
1	0.1

c	p(c)
0	0.1
1	0.9

c	a	p(c/a)
0	0	0.25
0	1	0.50
1	0	0.75
1	1	0.50

f	d	p(f/d)
0	0	0.80
0	1	0.30
1	0	0.20
1	1	0.70

d	a	b	p(d/a,b)
0	0	0	0.40
0	0	1	0.45
0	1	0	0.60
0	1	1	0.30
1	0	0	0.60
1	0	1	0.55
1	1	0	0.40
1	1	1	0.70

g	d	c	p(g/d,c)
0	0	0	0.90
0	0	1	0.70
0	1	0	0.25
0	1	1	0.15
1	0	0	0.10
1	0	1	0.30
1	1	0	0.75
1	1	1	0.85

Fuente: Elaboración propia

Una vez que hemos definido todos los elementos que componen la red, es necesario introducir la información en el ordenador. Para eso conviene crear una serie de funciones y procedimientos que nos faciliten.

3.2 EXPLICACIÓN DE LOS SINTOMAS Y TRATAMIENTO POSIBLES

Para llevar a cabo la realización del sistema experto que permita realizar una aproximación de diagnóstico ante los síntomas de un trastorno psicológico se exponen, a continuación, un conjunto de datos generales relacionados con temas de psiquiatría en las tablas 3.5, 3.6, 3.7.

3.2.1 Trastorno de Pánico

Tabla 3.5: Trastorno de pánico

Definición	Ataque de angustia intolerable, de comienzo brusco, breve duración y carácter espontáneo, no ligado a sucesos claramente identificables.
Síntomas	Las características del ataque son: aprensión, miedo, terror, síntomas cardiovasculares y respiratorios, mareos, sudoración, temblor, hormigueos y escalofríos. El enfermo lo interpreta como la manifestación de una enfermedad física grave y acude con frecuencia al médico. El episodio dura desde unos minutos hasta varias horas y finaliza con un estado de cansancio y dificultad de concentración.
Tratamiento	Antidepresivos tricíclicos, Inhibidores de las monoaminooxidasa y Alarazolan. En casos graves se usa modelo híbrido de terapia farmacológica y conductual.

3.2.2 Trastorno Fóbico

Tabla 3.6: Trastorno fóbico

Definición	Miedo irracional y persistente a un objeto, actividad o situación que determina un deseo imperioso de evitar aquello que se teme. Tiene consideración clínica cuando el paciente admite que se trata de un miedo irracional. Existen tres grandes tipos: <ul style="list-style-type: none"> • Agorafobia → Miedo a estar solo o atrapado en lugares públicos. Aparece entre los 20 y 30 años • Fobia Social → Miedo a ser ridiculizado en público. Aparece en el intervalo comprendido entre la pubertad y los 30 años. • Fobia Simple → Aquella que se centra en un determinado objeto o actividad, por ejemplo aracnofobia.
Síntomas	El síndrome fóbico tiene tres componentes: <ul style="list-style-type: none"> • Miedo central → Cuando se está ante el objeto temido. • Ansiedad anticipadora → Miedo a encontrarse con el objeto temido. • Conducta de evitación → Causada por la ansiedad anticipadora.
Tratamiento	Terapia farmacológica y conductual. En fobia simple el tratamiento farmacológico puede resultar ineficaz. En la terapia conductual se utiliza la desensibilización sistemática y la exposición gradual al estímulo temido.

3.2.3 Trastorno Obsesivo Compulsivo

Tabla 3.7: Trastorno obsesivo compulsivo

Definición	<ul style="list-style-type: none">• Obsesión: Trastorno que provoca que ideas no deseadas asedien la conciencia y produzcan una angustia patológica, a pesar de los esfuerzos desplegados para evitarlas. Ejemplo: "estoy rodeado de gérmenes".• Compulsión: Trastorno que provoca una acción repetitiva que se realiza sin poder ser evitada, en muchos casos, como resultado de luchar contra una determinada obsesión. Ejemplo: "he de lavarme de nuevo las manos".• Rituales obsesivos: Conjunto de acciones compulsivas que se realizan para lograr satisfacer el deseo de evitar una obsesión. Ejemplos: "lavarse las manos" o "contar con frecuencia".
Síntomas	Acciones absurdas repetidas, pérdida de tiempo en la realización de los rituales, falta de concentración... Puede inducir a la depresión y a la ansiedad.
Tratamiento	Modelo híbrido de terapia farmacológica y conductual.

Fuente: elaboración propia

3.3 IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo de sistema experto SETRA está desarrollado utilizando el Shell MSBN (Microsoft Belief Networks) en la construcción de la base de conocimiento y el proceso de inferencia.

MSBN está desarrollado en el lenguaje de programación java, por la Microsoft Research exclusivamente para el tratamiento de redes bayesianas, poseen características que facilitan la representación de las redes bayesianas, dado que favorece el prototipado, obteniendo aplicaciones que puedan ser reutilizadas cuando se incorporan nuevos conocimientos.

Posee un ambiente de desarrollo totalmente gráfico, contando con una gama de objetos que facilitan la implementación. También es de destacar, la facilidad para la implementación de manera que haya sido formalizado en base a redes bayesianas

Una vez iniciado aparece una pantalla como la que se muestra en la figura 3.6

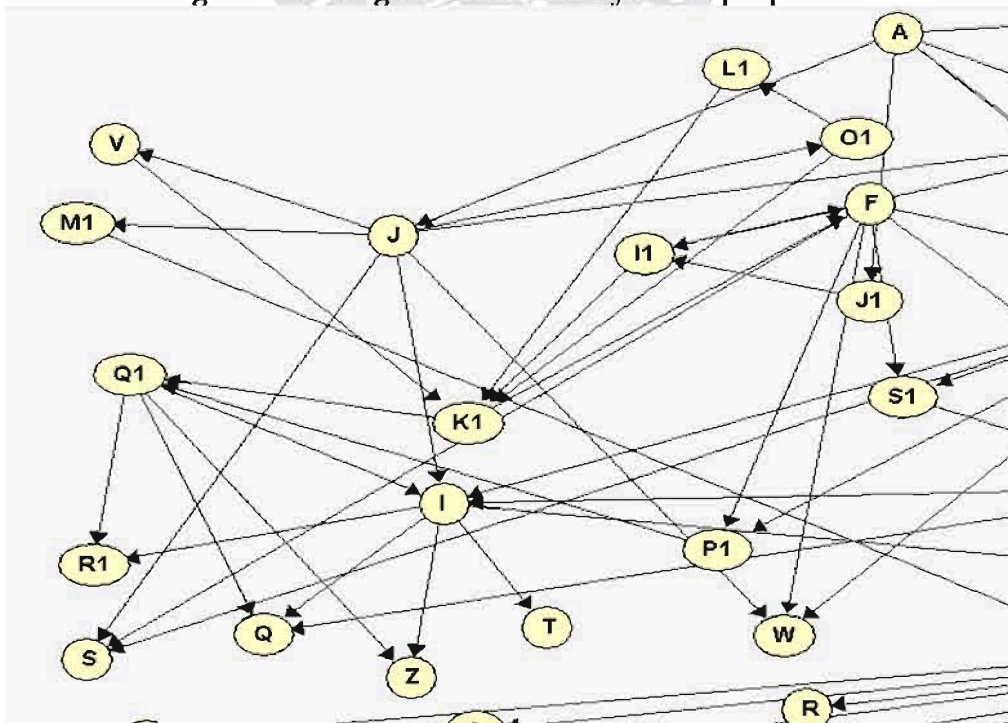
Figura 3.6: Pantalla principal



Fuente: SETRA

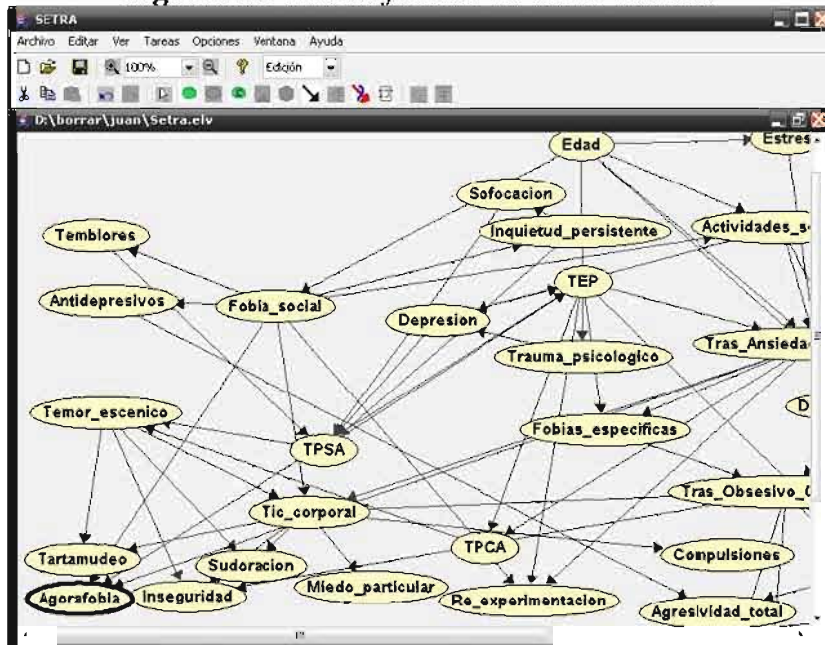
A continuación, en la figura 3.7, se muestra un fragmento de red bayesiana, el mismo lleva 47 nodos cada uno con una determinada probabilidad de prevalencia:

Figura 3.7: Fragmento de red bayesiana propuesto



Fuente: SETRA

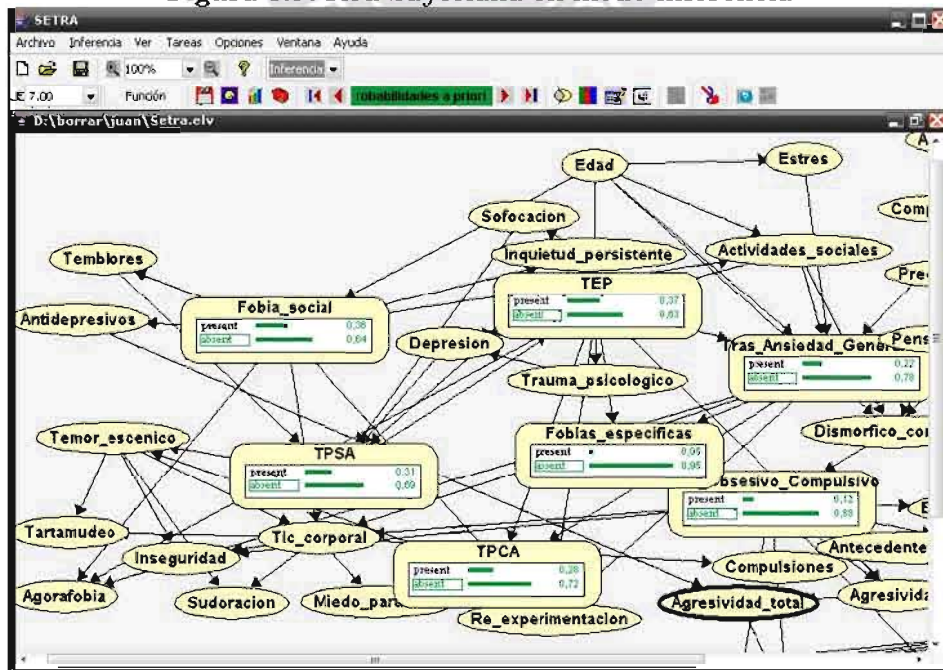
Figura 3.8: Red bayesiana en modo edición



Fuente: SETRA

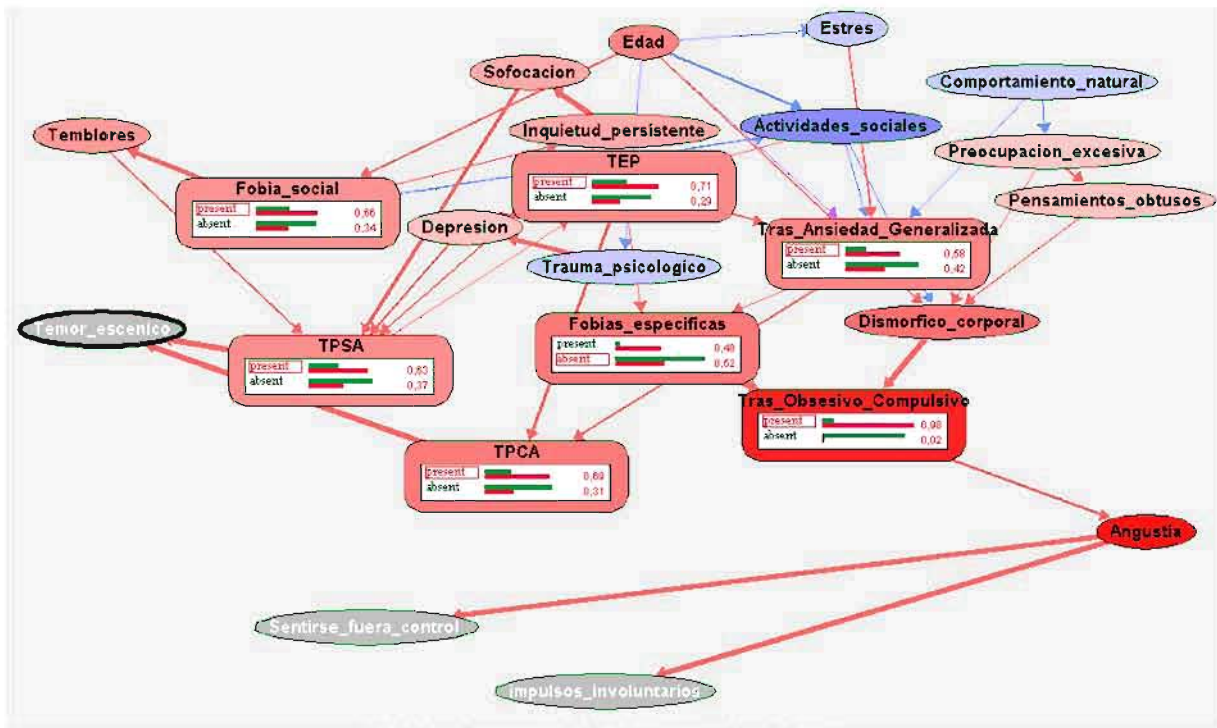
Para obtener mayores detalles sobre la red obtenida se debe cambiar, en la barra de tareas, la opción “Edición” por la opción “Inferencia”, donde se obtendrá sus respectivas probabilidades a priori, para luego colocar los diferentes hallazgos que se tenga de los síntomas, y así poder diagnosticar dichas enfermedades ver figura 3.10.

Figura 3.9: Red bayesiana en modo inferencia



Fuente: SETRA

Figura 3.10: Explicación del caso de evidencia actual



Fuente: SETRA

Se puede apreciar que se diagnostica el trastorno obsesivo compulsivo con una probabilidad de 0.98, tras la evidencia introducida. El color intenso señala también que el trastorno obsesivo compulsivo es el diagnosticado.

3.4 MECANISMOS EXPLICATIVOS

Se diseñó un mecanismo de seguimiento de las evaluaciones hechas por el experto. Para cada uno de los trastornos evaluados se generó un fichero con todas las evaluaciones, de manera que se pueda incluir en el informe final para apoyar la aceptación, rechazo o aceptación provisional de algún diagnóstico.

Como todo el conocimiento está bastante estructurado y los elementos del dominio reciben un tratamiento parecido, resulta muy simple guardar toda la historia seguida durante el proceso de evaluación, usando un método de aserción cada vez que se evalúa una entidad, ya sea una clave o un producto diagnóstico. Como los trastornos se evalúan uno a uno y, además, se sigue un orden bien establecido, este mecanismo resulta suficiente para entender el proceso.

Las explicaciones van a resultar muy sencillas en cuanto a los criterios, ya que se guarda la evaluación de cada nodo, se conoce el orden que siguen, e incluso podemos traducir el lenguaje de evaluación usado en los criterios a lenguaje casi natural. Para dar cuenta de los síntomas en concreto nos han permitido generar una hipótesis o evaluar un criterio, caven dos opciones:

- a) Leer de nuevo todos los criterios en un modo especial que no solicite información al usuario, reconstruyendo el proceso.
- b) Almacenar la información específica usada en la evaluación de cada criterio y posteriormente recuperarla y relacionarla con la evaluación de los criterios o de las hipótesis.

Estas opciones van a requerir de estructuras adicionales para guardar esa información en una forma conveniente, si bien se aproxima más a un modelo cognitivo del proceso explicativo seguido por un experto.

3.5 PRUEBA EXPERIMENTAL

Para realizar la prueba experimental de los resultados obtenidos al aplicar el prototipo, comparándolos con datos del experto humano, se utilizó las bases de datos “Trastornos de ansiedad”, obtenida de CentroIMA (Centro de Investigaciones Médicas en Ansiedad).

Por otro lado, el dominio de valores de cada una de las variables que componen las bases de datos es discreta, por lo cual se utiliza un muestreo sistemático simple, porpuesta en el capítulo II:

- Se toman n muestras de datos de $N=887$.
- K el punto de arranque elegido al azar, $k=85$
- $n \approx \frac{N}{k} \approx 10.43$

En el caso de los experimentos realizados en este trabajo se utilizaron diez mediciones de la capacidad predictiva para cada una de las dos casos que se desean comparar por lo que $N=10$.

El valor de α utilizado es de 5%, $\alpha=0.05$, y así tener un 95% de confianza.

Luego de la realización de los experimentos se confecciona la tabla 3.8:

Tabla 3.8 Comparación de resultados entre el experto y SETRA

Muestra	Diagnóstico Experto	Diagnóstico SETRA	Prob. SETRA
1	Trastorno de pánico Fobia específica Fobia social	Trastorno de pánico Fobia específica Fobia social	0.95 0.75 0.69
2	T.A.G. Fobia específica Fobia social	T.A.G. Fobia específica	0.93 0.6
3	T.O.C T.E.P.T. Fobia específica	T.O.C T.E.P.T Fobia específica	0.9 0.73 0.66
4	Trastorno de pánico		
5	Fobia específica Fobia social T.O.C	Fobia específica Fobia social T.O.C	0.8 0.73 0.65
6	T.A.G Fobia Social	T.A.G Fobia Social Fobia específica	0.8 0.72 0.6
7	Trastorno de pánico T.E.P.T	Trastorno de pánico T.E.P.T	0.7 0.64
8	T.O.C Trastorno de pánico Fobia específica	T.O.C Trastorno de pánico Fobia específica Fobia social	0.94 0.8 0.69 0.61
9	T.A.G	T.A.G	0.6
10	Trastorno de pánico Fobia específica Fobia social T.O.C T.A.G	Trastorno de pánico Fobia específica Fobia social T.O.C	0.91 0.83 0.76 0.62

Fuente: Elaboración propia

3.5.1 Resultados

A continuación se presentarán los resultados experimentales que surgen de aplicar el prototipo SETRA previamente citada a cada una de las bases de datos de prueba.

Según el análisis de la tabla 3.5, el diagnóstico es aceptable, de 26 anomalías para todos los casos, el sistema diagnóstico 23 correctamente, existiendo un error del 7.6% cifra que no es muy alta.

El error, para el caso 4 no se detectó la anomalía trastorno de pánico, esto por que los datos fueron insuficientes para que el prototipo emitiera una probabilidad razonable, para dicha enfermedad.

- **Prueba de hipótesis estadística**

La hipótesis del presente trabajo establece: “El sistema experto de trastornos mentales SETRA basado en Redes Bayesianas, proporciona conclusiones oportunas y confiables en el momento de la consulta y posterior diagnóstico”.

Lo que queremos demostrar: hipótesis experimental H_E ,

Negación de la hipótesis experimental: hipótesis nula H_0 . Luego se tiene que:

Refutando la hipótesis nula= confirmamos la hipótesis experimental.

Hipótesis experimental; H_E el prototipo es eficiente, es decir, aumenta la probabilidad de diagnosticar una enfermedad ($\otimes \approx 0.6$).

Hipótesis nula; H_0 el prototipo es ineficiente, es decir, no aumenta la probabilidad de diagnosticar una enfermedad ($\otimes \square 0.6$)

Se debe demostrar que H_0 es incompatible con el resultado experimental obtenido.

Dado que \otimes es una distribución bivaluada, ya que, $P(\text{eficiente}) = \otimes, P(\text{ineficiente}) = 1 - \otimes$.

La hipótesis nula que es puesta a prueba es que el prototipo es ineficiente de los valores del experto (es decir, que la capacidad predictiva de ambos diagnósticos no es equivalente).

Se plantean dos hipótesis alternativas: una de ellas afirma que aumenta la probabilidad de diagnóstico.

La distribución muestral es:

$$p(m/\theta) = \frac{n!}{m!(n-m)!} \theta^m (1-\theta)^{n-m}$$

Tabla 3.9 distribución bivaluada θ

m	m/n	$\theta=0.0$	$\theta=0.2$	$\theta=0.4$	$\theta=0.6$	$\theta=0.6$	$\theta=1.0$
1	0.1	1	0.012	0.000	0.000	0.000	0
2	0.2	0	0.058	0.000	0.000	0.000	0
3	0.3	0	0.137	0.003	0.000	0.000	0
4	0.4	0	0.205	0.012	0.000	0.000	0
5	0.5	0	0.218	0.035	0.001	0.000	0
6	0.6	0	0.175	0.075	0.002	0.000	0
7	0.7	0	0.109	0.124	0.005	0.000	0
8	0.8	0	0.055	0.166	0.012	0.000	0
9	0.9	0	0.022	0.180	0.015	0.000	0
10	1	0	0.007	0.117	0.017	0.002	0

Fuente: [modificado Wesley, 1994]

Dado que $\theta=0.6$, es el caso menos favorable, se tiene:

$$p(m \leq 7 / \theta = 0.6) = 0.005 + 0.012 + 0.015 + 0.017 = 0.049$$

Para un umbral de significancia $\alpha = 0.05$; si $p < \alpha$, entonces resultado es significativo, entonces concluimos H_E

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Del análisis de los resultados obtenidos en la experimentación podemos concluir que las redes bayesianas son una alternativa más, en el uso de la representación del conocimiento, de los sistemas expertos basados en información incierta. Sin embargo puede ampliarse el estudio a muchos campos de la inteligencia artificial.

En otro aspecto, el prototipo de sistema experto posee una cantidad de variables menor que las que utiliza el experto en el test clínico del centro de investigaciones médicas en ansiedad, que constituye un método de diagnóstico y de descripción psicológica; ésta reducción de la cantidad de variables involucradas produce una simplificación en la conceptualización del dominio analizado, la cual trae dos importantes ventajas; por un lado, facilitan la representación e interpretación del conocimiento eliminando parámetros que no repercuten de manera directa sobre el objetivo buscado (tarea de clasificación). Por otro lado, simplifica y optimiza la tarea de razonamiento (propagación de las probabilidades) lo cual conlleva a la mejora de los tiempos de procesamiento.

Con respecto a la hipótesis planteada, se consiguió implementar un prototipo de sistema experto para los trastornos mentales utilizando la herramienta MSBN (Microsoft Belief Networks). Este prototipo de sistema experto se encarga de diagnosticar enfermedades en función a los síntomas que reflejan el paciente.

En cuanto a los objetivos definidos, en su mayoría fueron cumplidos, aunque es necesario hacer algunas observaciones.

En principio se logró construir la base de conocimientos, pero el dominio elegido de trastornos de ansiedad, resultó ser bastante amplio por lo que solamente se considero algunas pruebas y síntomas relevantes al tema de estudio. (Consultar Anexo B y punto 3.1.1).

El proceso de inferencia de SETRA esta basado en el algoritmo de poliárboles, que es uno de los más sencillos en cuanto a su contenido y de fácil comprensión, sin embargo presenta una desventaja, solo trata con redes donde no existen bucles y cuando se modela el conocimiento en muchos casos se presentan bucles.

4.2 RECOMENDACIONES

Como trabajos complementarios que se pueden emprender empleando el presente estudio se pueden sugerir los siguientes:

Algoritmos de aprendizaje en redes bayesianas, área que esta siendo muy investigada en la actualidad, para la construcción de la base de conocimiento con datos de pacientes que estén almacenados en una base de datos y así en función de que vaya consultando los datos la red bayesiana aprenda.

Otra alternativa que se recomienda es, ampliar la base de conocimientos para SETRA, ya que este solo trata algunos de los trastornos mentales, y así completar el dominio de estudio, se propone una fusión de redes bayesianas, lo cual es posible en la herramienta utilizada.

Otro punto que también puede ser considerado es el tema de la propagación, puede ampliarse a redes bayesianas que tengan bucles, de esta manera la estructura de la base de conocimiento será mas flexible y se adaptará mejor a la realidad.

Se propone investigar la propagación de la evidencia poliárbol con asignación, utilizando un algoritmo exacto, que puede ser el de eliminación de nodos, que consiste en realizar una búsqueda en profundidad en el poliárbol, partiendo de un nodo escogido arbitrariamente, recorriendo la red ignorando la dirección de los arcos y marcando los nodos visitados.

BIBLIOGRAFÍA

[Birnbaum L, 1991]: A response to Nilson's \Logic and artificial intelligence. Artificial Intelligence, 47: 57-177, 1991.

[DSM-IV, 2000] American Psychiatric Association (2000). Diagnostic criteria from DSM-IV-TR. Washington, D.C.: American Psychiatric Association

[DSM-IV, 2001] American Psychiatric Association (2001) Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales. DSM-IV TR. Barcelona: Masson

[Durkin, 1994] R.O, P.E. Hart y N. Nilsson. Subjective Bayesian methods for rule-based inference systems. Proceedings of the 1976 National Computer Conference (AFIPS).

[Feigenbaum, 1977] E.A. The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. En: Proceedings of the 5th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-77), pages 1014-1029, Cambridge, MA.

[Castillo, E., Gutiérrez, J.M. and Hadi, A.S. 1997] Expert Systems and Probabilistic Network Models. Springer Verlag, New York. Versión castellana publicada por la Academia de Ingeniería .

[Canavos, 1984]. Probabilidad y Estadística, Aplicaciones y Métodos. Mc.Graw-Hill.

[Centro IMA,2001]. Centro de Investigaciones Médicas en Ansiedad, Tratamiento del paciente con preocupación excesiva.La Paz-Bolivia

[Cowell, 1990], Probabilistic Networks and Expert Systems. Springer, New York, NY.

[Cooper, G.F., Herskovits, E. 1992]. A Bayesian Method for the Induction of Probabilistic Networks from Data. In Machine Learning 9, pages 54-62, Kluwer.

[Diez, 1994]. Rough sets bases learning for bayesian networks. International workshop on objective bayesian methodology, Valencia, Spain.

[Elstein A.S.1970] and Jason H. Estudio del proceso de diagnóstico médico: métodos y resultados preliminares. Educ Méd Salud.

[Felgaer, 2001] Bayesian Networks and Decision Graphs, Modelos de Redes Probabilísticas, Academia de Ingeniería, Madrid, ISBN: 84-600-9395-6.

[Fieschi, 1987] M. Inteligencia Artificial en medicina. Sistemas Expertos. Barcelona: Masson S.A., Barcelona.

[Frost G, 2003]. Optimización de redes bayesianas basado en técnicas de aprendizaje por inducción. IX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. La Plata.

[García Martínez, R. & Britos, P. 2004] Expert System Engineering, Nueva Librería Ed. Buenos Aires.

[Gámez Martín, 1998] Inferencia Abductiva en redes Causales, 277 pp, Universidad de Granada, España <http://www.info-ab.ucml.es/personal/jgamez/publicaciones.html>

[Giarratano J. y Riley, 2001] Sistemas Expertos: Principios y Programación. Tercera Edición. Thomson Editores. Mexico.

[Hanson I.I., 1985]. MD. History of Computing in Medicine. Princeton University <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/spr02/cs495/History%20of%20Computing%20in%20Medicine.pdf>

[Heckerman, D., Chickering, M., Geiger, D. 1995]. Learning bayesian networks, the combination of knowledge and statistical data. Machine learning 20: 197-243

[Heckerman, 1995]. A tutorial on learning bayesian networks. Technical report MSRTR-95-06, Microsoft research, Redmond, WA.

[Hruschka, 1997]. Analysis for Knowledge-Based Systems: a practical guide to the KADS methodology. West Sussex: Ellis Horwood.

[Langley, P., Sage, S. 1994]. Induction of selective Bayesian classifiers. In Proc. Conf. On Uncertainty in AI, pages 399-406. Morgan Kaufmann.

[Lemos, 1995] Clasificación y diagnóstico en psicopatología En Belloch, A, Sandín, B. y Ramos, Manual de psicopatología (vol 1). Madrid: Mc Graw Hill.

[Millon, 1991]. An overview of knowledge acquisition. En David, J.M., Krivine, J.P. Y Simmons, R. (eds) (1993). Second Generation Expert Systems. Berlin: Springer-Verlag.

[Michie, 1993]. Turing's Test and conscious thought. Artificial Intelligence, 60: 1-22.

[OMS, CIE 10, 1992]. Trastornos mentales y del comportamiento. Descripciones clínicas y pautas para el diagnóstico. (1992) Organización Mundial de la Salud. Madrid: Mediator. (ICD-10, International Classification of Diseases, 10th revision)

[O.M.S, 2002] Organización Mundial de la Salud. Estrategia de la OMS sobre los trastornos mentales 2002-2005. Diseño y disposición Renata Kerr Design. Ginebra 2002

[Pearl, J. 1988]. Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference. San Mateo, California: Morgan Kaufmann.

[Piatetski-Shapiro, 1991]. Knowledge discovery in databases: an overview. AAAI-MIT Press, Menlo Park, California.

[Quillian, 1968] Semantic memory. In: M. Minsky (ed.), Semantic information processing, pages 227-270. MIT Press, Cambridge, MA.

[QUIROZ R, 1991]. Frecuencia de Diagnósticos de Trastornos mentales en pacientes del Hospital Central del IPSS del Cusco. Rev. Peruana de Epidemiologia. Vol 4. N° 1.

[Russell S. & Peter Norvig, 1996] Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A..

[Ramoni, M., Sebastiani, 1999]. Bayesian methods in Intelligent Data Analysis. An Introduction. Pages 129-166. Physica Verlag, Heidelberg.

[Shapiro S.C, 1993] Artificial intelligence. Encyclopedia of computer science. 3rd. ed. Van Nostrand Reinhold;

[Shannon, 1950] Automatic chess player. Scientific American, 182.

[Shapiro, 1992] Encyclopedia of Artificial Intelligence. John Wiley & Sons, New York, second edition.

[Simons, 1983], Why should machines learn?. Machine Learning, Michalski et al. (eds.) Palo Alto CA: Tioga.

[Simmons, Davis, 1993]. The roles of knowledge and representation in problem solving. En David, J.M., Krivine, J.P. Y Simmons, R. (eds) (1993). Second Generation Expert Systems. Berlin: Springer-Verlag.

[Sowa J.F, 1992] Semantic networks. En: S.C. Shapiro (ed.), Encyclopedia of Artificial Intelligence, pages 1493-1511. John Wiley & Sons, New York, second edition, 1992.

[Von Neumann, 1951]. The general and logical theory of automata. In L.A. Jeffress (ed.) Cerebral Mechanisms in Behavior, pp. 1-41, Wiley, New York, 1951. [245] Warner H.R., A.F.

[Waterman, 1986] D.A. A Guide to Expert Systems. Addison Wesley, Reading MA.

[Wesley, 1994], Estadística aplicada a la administración y economía

[Winston, 1970] Learning structural descriptions from examples. Technical Report MAC-TR-76. Department of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, Cambridge, Massachusetts PhD dissertation.

ANEXO A

GLOSARIO DE TÉRMINOS

afección. Enfermedad.

ansiedad anticipadora. Miedo a encontrarse con el objeto temido.

agorafobia. Miedo a estar solo o atrapado en lugares públicos. Aparece entre los 20 y 30 años

centro IMA. Centro de Investigaciones médicas en ansiedad

compulsión. Trastorno que provoca una acción repetitiva que se realiza sin poder ser evitada, en muchos casos, como resultado de luchar contra una determinada obsesión. Ejemplo: "he de lavarme de nuevo las manos

conducta de evitación. Causada por la ansiedad anticipadora

dolor de cabeza. Dolor intermitente o permanente en la zona de la frente, las sienes o la región occipital.

diagnóstico. como la asignación de atributos, o de pacientes que manifiestan dichos atributos, a una categoría determinada de un sistema de clasificación.

droga. En farmacognosia se considera como droga cualquier parte mineral, vegetal o animal de efecto medicinal, estimulante, deprimente o narcótico o que ha de elaborarse para obtener un medicamento más purificado. Droga es también el producto ya elaborado, listo para ser suministrado al enfermo.

DTREE. sistema basado en los árboles de decisión

DSM IV. Catálogo de Trastornos Mentales

DAI. Sistema experto para el diagnóstico de autismo y trastornos severos del desarrollo.

estupefaciente. Sustancia narcótica y analgésica que produce la pérdida parcial de la conciencia, ausencia de movimientos, nula reacción a los estímulos y un estado especial de euforia.

euforia. Sensación de bienestar, de confianza o de satisfacción. Júbilo.

fiebre. Elevación de la temperatura por encima de los 37 °C normales, aceleración del pulso y algunas veces presencia de escalofríos. Es síntoma de infecciones, intoxicaciones, insolación y otras causas

excitante. Que excita y estimula los movimientos y pasiones.

fármaco. Es toda sustancia de origen natural o sintético susceptible de ser transformada en medicamento. Puede tener o no propiedades terapéuticas por sí misma. Droga.

fobia. Es una forma especial de miedo y reacción desproporcionada, irracional, fuera de control voluntario del sujeto, implica respuestas de evitación de la situación u objeto fobizado y es persistente en el tiempo

fobia Simple. Aquella que se centra en un determinado objeto o actividad, por ejemplo aracnofobia.

fobia Social. Miedo a ser ridiculizado en público. Aparece en el intervalo comprendido entre la pubertad y los 30 años.

hijo. El nodo Y es un hijo del nodo X , si existe un arco (X,Y) entre los dos nodos

hipertensión. Aumento de la presión arterial como consecuencia de trastornos de origen metabólico, circulatorio, renal, hormonal, emocional o hereditario. Se manifiesta por mareos, zumbido de oídos, palpitaciones, trastornos visuales, etcétera.

infusión. Acción de extraer de una sustancia sus partes solubles, vertiendo sobre ésta agua hirviendo. Producto líquido resultante de esta acción.

irritante. Agente que excita o estimula de forma morbosa una parte del cuerpo.

inferencia. La inferencia es el proceso de introducir nuevas observaciones y calcular las nuevas probabilidades que tendrán el resto de las variables

mareo. Malestar causado por el movimiento de un barco en el mar, el de un carruaje o por una enfermedad; es caracterizado por náuseas, vértigos, vómitos, palidez, sudoración y, a veces, desmayo

melancolía. Pérdida del equilibrio mental con manifestación de tristeza que puede degenerar en delirio.

miedo. Es una respuesta emocional normal ante situaciones que implican peligro para el sujeto: Es una respuesta diferenciada ante un objeto o situación específica. Es un fenómeno evolutivo y transitorio.

miedo central. Cuando se está ante el objeto temido

náuseas. Sensación de malestar con tendencia al vómito.

nerviosidad. Excitabilidad excesiva del sistema nervioso, caracterizada por inquietud, actividad impulsiva, fatiga, debilidad, angustia, insomnio, temblores, mareos, tendencia a la depresión, pérdida de peso.

MSBN. (Microsoft Belief Networks)

obsesión. Trastorno que provoca que ideas no deseadas asedien la conciencia y produzcan una angustia patológica, a pesar de los esfuerzos desplegados para evitarlas. Ejemplo: "estoy rodeado de gérmenes".

padre. El nodo X es un padre del nodo Y , si existe un arco (X, Y) entre los dos nodos.

pánico. Ataque de angustia intolerable, de comienzo brusco, breve duración y carácter espontáneo, no ligado a sucesos claramente identificables

prueba de hipótesis: consiste en comprobar uno por uno todos los criterios diagnósticos y abortar si algún criterio no se cumple. Durante este proceso se puede rechazar una hipótesis, confirmarla, aplazarla por falta de información, admitirla de forma provisional o rechazarla si alguno de los criterios no se cumple.

probabilidad. Medida del grado de ocurrencia de un suceso

PSYXPERT. sistema especialista por ayudar a psiquiatras en el diagnóstico de desórdenes del psychotiuc

rituales obsesivos. Conjunto de acciones compulsivas que se realizan para lograr satisfacer el deseo de evitar una obsesión. Ejemplos: "lavarse las manos" o "contar con frecuencia".

relajante. Reduce la tensión física y emocional y el estrés.

red bayesiana. grafo acíclico dirigido en el que cada nodo representa una variable y cada arco una dependencia probabilística

SBC. Sistema basado en conocimiento, en general se distingue entre el conocimiento declarativo, procedural, estructural-organizacional

SETRA. Sistema experto para trastornos de ansiedad

síntoma. Fenómeno que aparece como consecuencia de una alteración funcional u orgánica en cualquier parte del organismo.

tratamiento. Conjunto de medios que se emplean para curar enfermedades o defectos o para combatir plagas.

variable proposicional. es una variable aleatoria que toma un conjunto exhaustivo y excluyente de valores. Se denota con letras mayúsculas

ANEXO B

REGLAS

Donde:

F: Trastorno de estrés postraumático

J: Fobia Social

D: Trastorno de ansiedad generalizada

E: Trastorno obsesivo compulsivo

S_1 : Fobias específicas

P_1 : Trastorno de pánico con agorafobia

K_1 : Trastorno de pánico sin agorafobia

V: Temblores

M_1 : Antidepresivos

Q_1 : Temor escénico

R_1 : Tartamudeo

S: Agorafobia

N: Pesadillas constantes

P: Dificultad para concentrarse

I: Tic corporales

Q: Inseguridad

Z: Sudoración

I_1 : Depresión

T: Miedo particular

O: Perder la razón

F_1 : Sentirse fuera de control

L_1 : Sofocación

M: Dolor de pecho

A: Edad

O_1 : Inquietud persistente

J_1 : Trauma psicológico

W: Re-experimentación

R: Escalofríos

K: Impulsos involuntarios

N_1 : Estrés

B: Actividades sociales

U: Compulsiones

C: Agresividad total

G_1 : Agresividad / compulsiones

Y: Obsesión

T_1 : Dismorfo corporal

H: Agresividad

H_1 : Actitud equilibrada

A_1 : Comportamiento natural



B_1 : Preocupación excesiva
 C_1 : Pensamientos obtusos
 X: Irritabilidad
 D_1 : Eventos traumáticos
 E_1 : Tipo terapia
 V_1 : Antecedente psíquico
 L: Consulta psicológica
 G: Angustia

La probabilidad a posteriori de enfermedad A dada la evidencia o síntoma $H = h_k$, $P(a/h_k)$, se puede calcular del siguiente modo:

$$p(a/h_k) \propto \frac{p(a, h_k)}{\sum_a p(a, h_k)}$$

h_k : toma valores presente ausente

Se tiene entonces:

Para J

- 1.- $p(J, V_K) \propto p(J) p(V_K / J) p(O / J) p(K / V_K) p(L / O) p(F / K, L) p(S / F)$
- 2.- $p(J, O_K) \propto p(J) p(V / J) p(O_K / J) p(K / V) p(L / O_K) p(F / K, L) p(S / F)$
- 3.- $p(J, K_K) \propto p(J) p(V / J) p(O / J) p(K_K / V) p(L / O) p(F / K_K, L) p(S / F)$
- 4.- $p(J, L_K) \propto p(J) p(V / J) p(O / J) p(K / V) p(L_K / O) p(F / K, L_K) p(S / F)$
- 5.- $p(J, S_K) \propto p(J) p(V / J) p(O / J) p(K / V) p(L / O) p(F / K, L) p(S_K / F)$
- 6.- $p(J, F_K) \propto p(J) p(V / J) p(O / J) p(K / V) p(L / O) p(F / K, L) p(S / F_K)$

Para P1

- 7.- $p(P1, Q_{1K}) \propto p(P_1) p(Q_{1K} / P_1) p(R_1 / Q_{1K}) p(I / Q_{1K}) p(Q / R_1, I) p(Z / R_1, I) p(T / R_1, I) p(N / R_1, I)$
- 8.- $p(P1, R_{1K}) \propto p(P_1) p(Q_1 / P_1) p(R_{1K} / Q_1) p(I / Q_1) p(Q / R_{1K}, I) p(Z / R_{1K}, I) p(T / R_{1K}, I) p(N / R_{1K}, I)$
- 9.- $p(P1, I_K) \propto p(P_1) p(Q_1 / P_1) p(R_1 / Q_1) p(I / Q_1) p(Q / R_1, I) p(Z / R_1, I) p(T / R_1, I) p(N / R_1, I)$
- 10.- $p(P1, I_K) \propto p(P_1) p(Q_1 / P_1) p(R_1 / Q_1) p(I_K / Q_1) p(Q / R_1, I_K) p(Z / R_1, I_K) p(T / R_1, I_K) p(N / R_1, I_K)$
- 11.- $p(P1, Q_K) \propto p(P_1) p(Q_1 / P_1) p(R_1 / Q_1) p(I / Q_1) p(Q_K / R_1, I) p(Z / R_1, I) p(T / R_1, I) p(N / R_1, I)$
- 12.- $p(P1, Z_K) \propto p(P_1) p(Q_1 / P_1) p(R_1 / Q_1) p(I / Q_1) p(Q / R_1, I) p(Z_K / R_1, I) p(T / R_1, I) p(N / R_1, I)$

13.- $p(P_1, T_K) \varphi$

$$p(P) p(Q_1 / P_1) p(R_1 / Q_1) p(I / Q_1) p(Q / R_1, I) p(Z / R_1, I) p(T_K / R_1, I) P(N / R_1, I)$$

14.- $p(P_1, N_K) \varphi$

$$p(P) p(Q_1 / P_1) p(R_1 / Q_1) p(I / Q_1) p(Q / R_1, I) p(Z / R_1, I) p(T / R_1, I) P(N_K / R_1, I)$$

Para K1

15.- $p(K_1, Q_{1K}) \varphi p(K_1) p(Q_{1K} / K_1) p(R / Q_{1K}) p(Q / Q_{1K}) p(I / Q_{1K}) p(Z / I)$

16.- $p(K_1, R_K) \varphi p(K_1) p(Q_1 / K_1) p(R_K / Q_1) p(Q / Q_1) p(I / Q_1) p(Z / I)$

17.- $p(K_1, Q_K) \varphi p(K_1) p(Q_1 / K_1) p(R / Q_1) p(Q_K / Q_1) p(I / Q_1) p(Z / I)$

18.- $p(K_1, I_K) \varphi p(K_1) p(Q_1 / K_1) p(R / Q_1) p(Q / Q_1) p(I_K / Q_1) p(Z / I_K)$

19.- $p(K_1, Z_K) \varphi p(K_1) p(Q_1 / K_1) p(R / Q_1) p(Q / Q_1) p(I / Q_1) p(Z_K / I)$

Para F

20.-

$$p(F, S_K) \varphi p(F) p(S_K / F) p(W / F) p(P_1 / F) p(H / F) p(S_1 / F) P(D / F) \\ p(Q_1 / S_K, W, P_1, H, S_1, D) p(K_1 / S_K, W, P_1, H, S_1, D) p(E / S_K, W, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z / Q_1) p(Q / Q_1) p(R_1 / Q_1)$$

21.-

$$p(F, W_K) \varphi p(F) p(S / F) p(W_K / F) p(P_1 / F) p(H / F) p(S_1 / F) P(D / F) \\ p(Q_1 / S, W_K, P_1, H, S_1, D) p(K_1 / S, W_K, P_1, H, S_1, D) p(E / S, W_K, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z / Q_1) p(Q / Q_1) p(R_1 / Q_1)$$

22.-

$$p(F, P_{1K}) \varphi p(F) p(S / F) p(W / F) p(P_{1K} / F) p(H / F) p(S_1 / F) p(D / F) \\ p(Q_1 / S, W, P_{1K}, H, S_1, D) p(K_1 / S, W, P_{1K}, H, S_1, D) p(E / S, W, P_{1K}, H, S_1, D) \\ p(Z / Q_1) p(Q / Q_1) p(R_1 / Q_1)$$

23.-

$$p(F, H_K) \varphi p(F) p(S / F) p(W / F) p(P_1 / F) p(H_K / F) p(S_1 / F) P(D / F) \\ p(Q_1 / S, W, P_1, H_K, S_1, D) p(K_1 / S, W, P_1, H_K, S_1, D) p(E / S, W, P_1, H_K, S_1, D) \\ p(Z / Q_1) p(Q / Q_1) p(R_1 / Q_1)$$

24.-

$$p(F, S_{1K}) \varphi p(F) p(S / F) p(W / F) p(P_1 / F) p(H / F) p(S_{1K} / F) P(D / F) \\ p(Q_1 / S, W, P_1, H, S_{1K}, D) p(K_1 / S, W, P_1, H, S_{1K}, D) p(E / S, W, P_1, H, S_{1K}, D) \\ p(Z / Q_1) p(Q / Q_1) p(R_1 / Q_1)$$

25.-

$$p(F, D_K) \varphi p(F) p(S / F) p(W / F) p(P_1 / F) p(H / F) p(S_1 / F) P(D_K / F) \\ p(Q_1 / S, W, P_1, H, S_1, D_K) p(K_1 / S, W, P_1, H, S_1, D_K) p(E / S, W, P_1, H, S_1, D_K) \\ p(Z / Q_1) p(Q / Q_1) p(R_1 / Q_1)$$

26.-

$$p(F, Q_{1K}) \varphi p(F) p(S/F) p(W/F) p(P_1/F) p(H/F) p(S_1/F) P(D/F) \\ p(Q_{1K}/S, W, P_1, H, S_1, D) p(K_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(E/S, W, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z/Q_{1K}) p(Q/Q_{1K}) p(R_1/Q_{1K})$$

27.-

$$p(F, K_{1K}) \varphi p(F) p(S/F) p(W/F) p(P_1/F) p(H/F) p(S_1/F) P(D/F) \\ p(Q_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(K_{1K}/S, W, P_1, H, S_1, D) p(E/S, W, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z/Q_1) p(Q/Q_1) p(R_1/Q_1)$$

28.-

$$p(F, E_K) \varphi p(F) p(S/F) p(W/F) p(P_1/F) p(H/F) p(S_1/F) P(D/F) \\ p(Q_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(K_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(E_K/S, W, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z/Q_1) p(Q/Q_1) p(R_1/Q_1)$$

29.-

$$p(F, Z_K) \varphi p(F) p(S/F) p(W/F) p(P_1/F) p(H/F) p(S_1/F) P(D/F) \\ p(Q_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(K_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(E/S, W, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z_K/Q_1) p(Q/Q_1) p(R_1/Q_1)$$

30.-

$$p(F, R_{1K}) \varphi p(F) p(S/F) p(W/F) p(P_1/F) p(H/F) p(S_1/F) P(D/F) \\ p(Q_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(K_1/S, W, P_1, H, S_1, D) p(E/S, W, P_1, H, S_1, D) \\ p(Z/Q_1) p(Q/Q_1) p(R_{1K}/Q_1)$$

Para S1

31.-

$$p(S_1, E_K) \varphi p(S_1) p(E/S_1) p(F_1/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(N/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(M/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(R/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z)$$

32.-

$$p(S_1, F_{1K}) \varphi p(S_1) p(E_K/S_1) p(F_{1K}/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(N/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(M/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(R/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z)$$

33.-

$$p(S_1, N_K) \varphi p(S_1) p(E/S_1) p(F_1/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(N_K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(M/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(R/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z)$$

34.-

$$p(S_1, M_K) \varphi p(S_1) p(E/S_1) p(F_1/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(N/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(M_K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ p(K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(R/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z)$$

35.-

$$\begin{aligned} & p(S_1, K_K) \varphi p(S_1) p(E/S_1) p(F_1/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ & p(N/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(M/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ & p(K_K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(R/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \end{aligned}$$

36.-

$$\begin{aligned} & p(S_1, R_K) \varphi p(S_1) p(E/S_1) p(F_1/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ & p(N/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(M/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \\ & p(K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) p(R_K/V, Q, G_1, L, G, H, V_1, E_1, D_1, Z) \end{aligned}$$

Para E

37.-

$$\begin{aligned} & p(E, Y_K) \varphi p(E) p(Y_K/E) p(P/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(F_1/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(O/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(N/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(R/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(C/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(U/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \end{aligned}$$

38.-

$$\begin{aligned} & p(E, P_K) \varphi p(E) p(Y/E) p(P_K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(F_1/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(O/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(N/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(R/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(C/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(U/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \end{aligned}$$

39.-

$$\begin{aligned} & p(E, F_{1K}) \varphi p(E) p(Y/E) p(P/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(F_{1K}/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(O/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(N/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(R/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(C/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(U/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \end{aligned}$$

40.-

$$\begin{aligned} & p(E, O_K) \varphi p(E) p(Y/E) p(P/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(F_1/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(O_K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(N/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(R/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(C/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(U/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \end{aligned}$$

41.-

$$\begin{aligned} & p(E, N_K) \varphi p(E) p(Y/E) p(P/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(F_1/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(O/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(N_K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(R/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(C/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(U/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \end{aligned}$$

42.-

$$\begin{aligned} & p(E, K_K) \varphi p(E) p(Y/E) p(P/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(F_1/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(O/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(N/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(K_K/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \\ & p(R/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(C/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) p(U/Y, G, G_1, L, H, Q, D_1, I) \end{aligned}$$

ANEXO C

ARCHIVO DE TEXTO DE LA RED BAYESIANA GENERADA COMO ENTRADA DE DATOS DE SETRA

// Bayesian Network

```
bnet "SETRA" {
```

```
// Network Properties
```

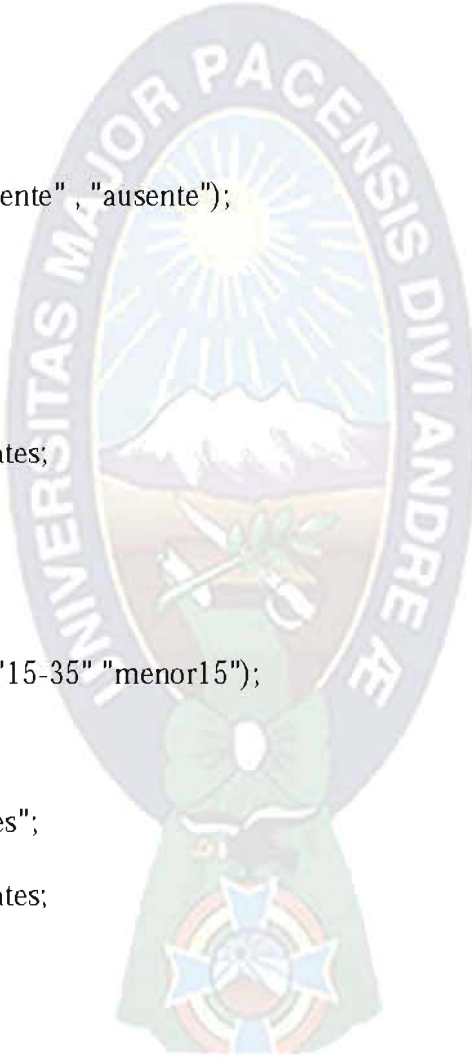
```
kindofgraph = "directed";  
visualprecision = "0.00";  
version = 1.0;  
default node states = ("presente", "ausente");
```

```
// Variables
```

```
node A(finite-states) {  
  title = "Edad";  
  kind-of-node = chance;  
  type-of-variable = finite-states;  
  pos_x = 551;  
  pos_y = 41;  
  relevance = 5.0;  
  purpose = "Riskfactor";  
  num-states = 4;  
  states = ("mas55" "35-55" "15-35" "menor15");  
}
```

```
node B(finite-states) {  
  title = "Actividades_sociales";  
  kind-of-node = chance;  
  type-of-variable = finite-states;  
  pos_x = 739;  
  pos_y = 119;  
  relevance = 5.0;  
  purpose = "Riskfactor";  
  num-states = 3;  
  states = ("mucho" "normal" "poconada");  
}
```

```
node E(finite-states) {  
  title = "Tras_Obsesivo_Compulsivo";  
  kind-of-node = chance;  
  type-of-variable = finite-states;  
  pos_x = 750;
```

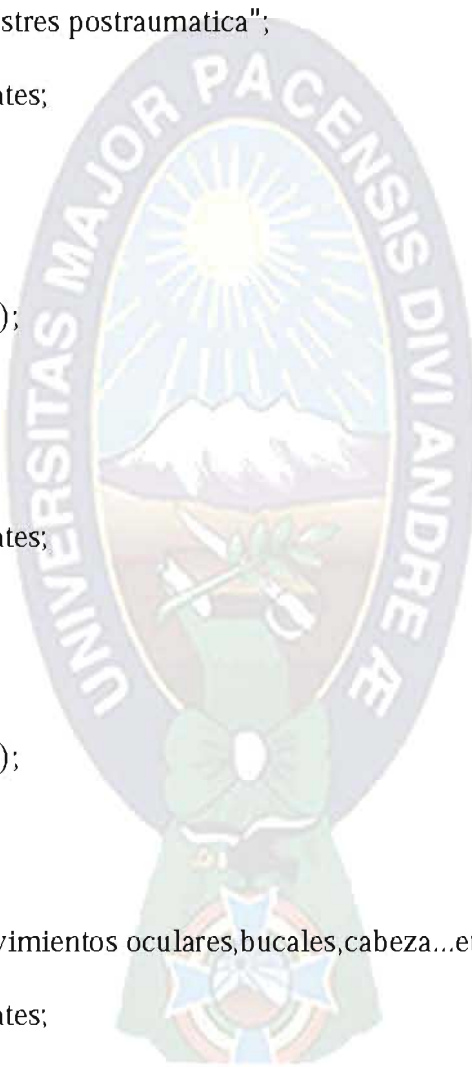


```
pos_y = 375;
relevance = 9.0;
purpose = "Disease";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node F(finite-states) {
title = "TEP";
comment = "Trastorno de estres postraumatica";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 553;
pos_y = 170;
relevance = 7.0;
purpose = "Disease";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node G(finite-states) {
title = "Angustia";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 1000;
pos_y = 467;
relevance = 5.0;
purpose = "Sign";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node I(finite-states) {
title = "Tic_corporal";
comment = "parpadeo, movimientos oculares, bucales, cabeza...etc";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x = 296;
pos_y = 386;
relevance = 6.0;
purpose = "Sign";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

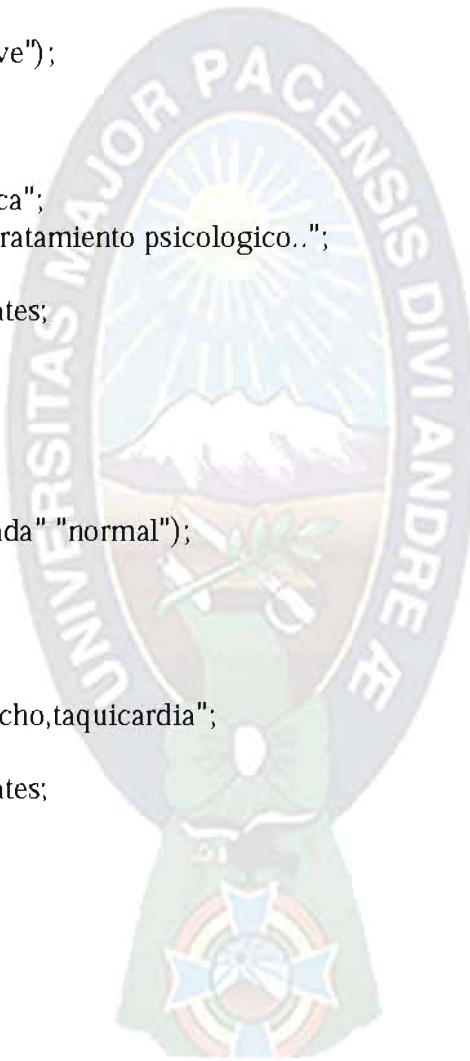


```
node K(finite-states) {
title = "impulsos_involuntarios";
comment = "golpear, insultar...";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =537;
pos_y =604;
relevance = 5.0;
purpose = "Test";
num-states = 2;
states = ("positive" "negative");
}
```

```
node L(finite-states) {
title = "Consulta_psicologica";
comment = "si tuvo algun tratamiento psicologico..";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =870;
pos_y =516;
relevance = 5.0;
purpose = "Test";
num-states = 3;
states = ("cronica" "moderada" "normal");
}
```

```
node M(finite-states) {
title = "Dolor_pecho";
comment = "Dolor en el pecho,taquicardia";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =468;
pos_y =581;
relevance = 4.0;
purpose = "Symptom";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node N(finite-states) {
title = "Pesadillas_constantes";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =116;
pos_y =557;
relevance = 5.0;
purpose = "Sign";
}
```



```
num-states = 2;  
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node O(finite-states) {  
title = "Perder_razon";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x = 315;  
pos_y = 550;  
relevance = 4.0;  
purpose = "Sign";  
num-states = 2;  
states = ("yes" "no");  
}
```

```
node P(finite-states) {  
title = "Dificultad_concentrarse";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x = 136;  
pos_y = 601;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Sign";  
num-states = 2;  
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node Q(finite-states) {  
title = "Inseguridad";  
comment = "Inseguridad sobre si mismo";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x = 187;  
pos_y = 480;  
relevance = 4.0;  
purpose = "Sign";  
num-states = 2;  
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node R(finite-states) {  
title = "Escalofrios";  
comment = "Temblores repentinos";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x = 515;
```



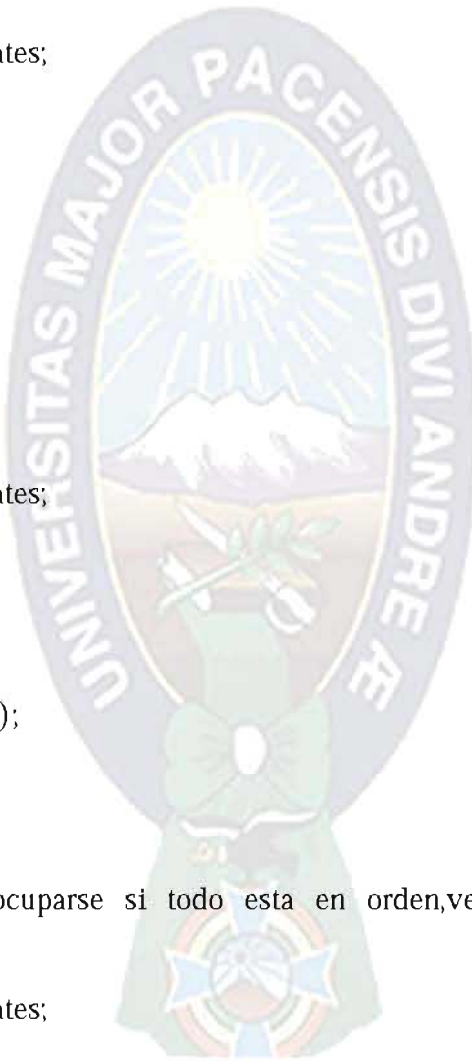
```
pos_y =534;
relevance = 4.0;
purpose = "Sign";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node V(finite-states) {
title = "Temblores";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =97;
pos_y =127;
relevance = 5.0;
purpose = "Symptom";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node X(finite-states) {
title = "Irritabilidad";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =988;
pos_y =258;
relevance = 4.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node Y(finite-states) {
title = "Obsesion";
comment = "insultos,preocuparse si todo esta en orden,verificar si estan cerradas las
puertas....";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =672;
pos_y =589;
relevance = 5.0;
purpose = "Test";
num-states = 3;
states = ("alta6" "menor6" "cero");
}
```

```
node J(finite-states) {
title = "Fobia_social";
```



```
comment = "Trastorno de panico sin agorafobia";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =265;
pos_y =193;
relevance = 7.0;
purpose = "Disease";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node A1 (finite-states) {
title = "Comportamiento_natural";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =911;
pos_y =81;
relevance = 5.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node D(finite-states) {
title = "Tras_Ansiedad_Generalizada";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =770;
pos_y =228;
relevance = 9.0;
purpose = "Disease";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node B1 (finite-states) {
title = "Preocupacion_excesiva";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =915;
pos_y =141;
relevance = 5.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

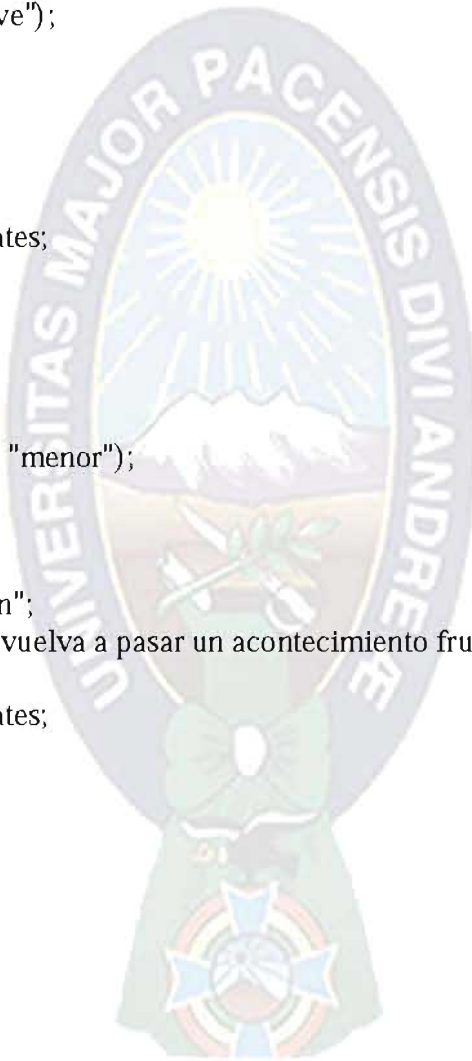


```
node C1 (finite-states) {
title = "Pensamientos_obtusos";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =907;
pos_y =202;
relevance = 5.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("positive" "negative");
}
```

```
node S(finite-states) {
title = "Agorafobia";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =80;
pos_y =498;
relevance = 5.0;
purpose = "Symptom";
num-states = 3;
states = ("alta" "moderada" "menor");
}
```

```
node W(finite-states) {
title = "Re_experimentacion";
comment = "no querer que vuelva a pasar un acontecimiento frustrante";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =501;
pos_y =481;
relevance = 5.0;
purpose = "Test";
num-states = 2;
states = ("alta" "leve");
}
```

```
node U(finite-states) {
title = "Compulsiones";
comment = "limpieza de las manos...";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =727;
pos_y =434;
relevance = 5.0;
purpose = "Symptom";
num-states = 2;
```




```
states = ("yes" "no");  
}
```

```
node T(finite-states) {  
title = "Miedo_particular";  
comment = "miedo a algun animal,miedo a estar encerrado,asensores, volar en aviones..etc";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =358;  
pos_y =475;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Symptom";  
num-states = 2;  
states = ("yes" "no");  
}
```

```
node D1(finite-states) {  
title = "Eventos_traumaticos";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =926;  
pos_y =359;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Test";  
num-states = 2;  
states = ("positive" "negative");  
}
```

```
node E1(finite-states) {  
title = "Tipo_Terapia";  
comment = "test antiguo";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =908;  
pos_y =392;  
relevance = 2.0;  
purpose = "Test";  
num-states = 2;  
states = ("positive" "negative");  
}
```

```
node F1(finite-states) {  
title = "Sentirse_fuera_control ";  
comment = "ira repentina";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =343;
```



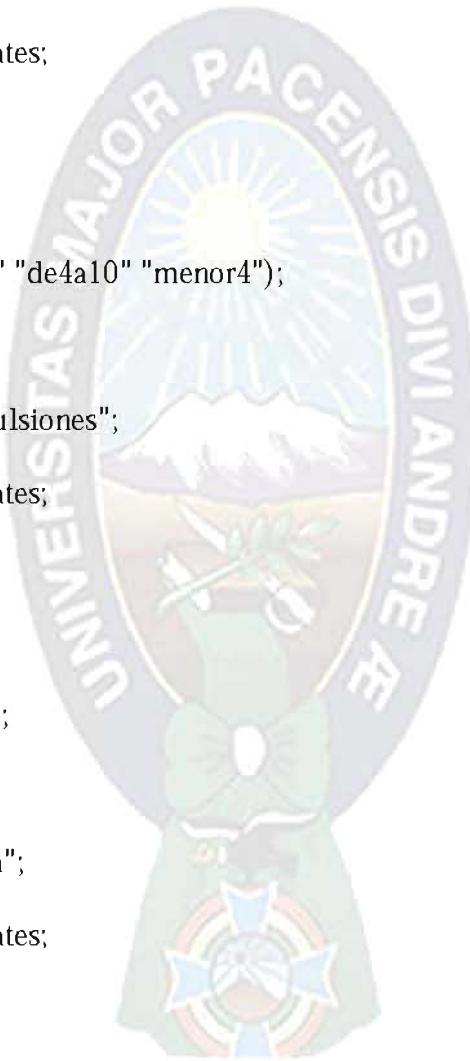
```
pos_y =592;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Symptom";  
num-states = 2;  
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node C(finite-states) {  
title = "Agresividad_total";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =718;  
pos_y =499;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Test";  
num-states = 4;  
states = ("mas20" "entre20" "de4a10" "menor4");  
}
```

```
node G1(finite-states) {  
title = "Agresividad /compulsiones";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =729;  
pos_y =533;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Test";  
num-states = 2;  
states = ("menor" "mayor");  
}
```

```
node H1(finite-states) {  
title = "Actitud_equilibrada";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =917;  
pos_y =18;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Riskfactor";  
num-states = 2;  
states = ("yes" "no");  
}
```

```
node I1(finite-states) {  
title = "Depresion";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;
```



```
pos_x =417;
pos_y =206;
relevance = 4.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node J1 (finite-states) {
title = "Trauma_psicologico";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =553;
pos_y =240;
relevance = 6.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node K1 (finite-states) {
title = "TPSA";
comment = "llegar tarde a una reunion,dirigirse a las personas,hablar en voz alta";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =310;
pos_y =328;
relevance = 10.0;
purpose = "Disease";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node L1 (finite-states) {
title = "Sofocacion";
comment = "Sensación de falta de aire";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =485;
pos_y =88;
relevance = 6.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node M1 (finite-states) {
```

```
title = "Antidepresivos";
comment = "Medicación con, ALPLAZOLAN, CLONAZEPAN,..ETC ";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =74;
pos_y =184;
relevance = 3.0;
purpose = "Treatment";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node N1 (finite-states) {
title = "Estres";
comment = "cronico.leve";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =744;
pos_y =35;
relevance = 5.0;
purpose = "Riskfactor";
num-states = 2;
states = ("yes" "no");
}
```

```
node O1 (finite-states) {
title = "Inquietud_persistente";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =545;
pos_y =123;
relevance = 3.0;
purpose = "Sign";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node P1 (finite-states) {
title = "TPCA";
comment = "Trastorno de panico con agorafobia";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =461;
pos_y =419;
relevance = 10.0;
purpose = "Disease";
num-states = 2;
}
```



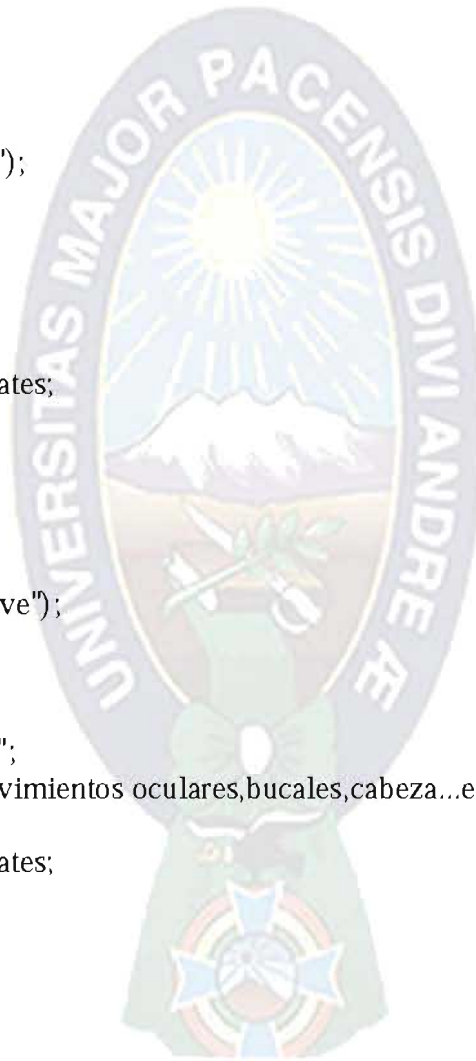
```
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node Q1 (finite-states) {  
title = "Temor_escenico";  
comment = "Hanlar en publico";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =106;  
pos_y =293;  
relevance = 3.0;  
purpose = "Aux";  
num-states = 2;  
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node R1 (finite-states) {  
title = "Tartamudeo";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =84;  
pos_y =430;  
relevance = 5.0;  
purpose = "Test";  
num-states = 2;  
states = ("positive" "negative");  
}
```

```
node S1 (finite-states) {  
title = "Fobias_específicas";  
comment = "parpadeo, movimientos oculares,bucales,cabeza...etc";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =573;  
pos_y =309;  
relevance = 7.0;  
purpose = "Disease";  
num-states = 2;  
states = ("present" "absent");  
}
```

```
node T1 (finite-states) {  
title = "Dismorfico_corporal";  
kind-of-node = chance;  
type-of-variable = finite-states;  
pos_x =825;  
pos_y =287;
```



```
relevance = 4.0;
purpose = "Aux";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node H(finite-states) {
title = "Agresividad";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =829;
pos_y =439;
relevance = 5.0;
purpose = "Aux";
num-states = 4;
states = ("mayor20" "entre10-20" "entre4-10" "menor4");
}
```

```
node V1 (finite-states) {
title = "Antecedente_psiquico";
comment = "test";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =867;
pos_y =440;
relevance = 2.0;
purpose = "Test";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

```
node Z(finite-states) {
title = "Sudoracion";
kind-of-node = chance;
type-of-variable = finite-states;
pos_x =276;
pos_y =511;
relevance = 5.0;
purpose = "Sign";
num-states = 2;
states = ("present" "absent");
}
```

