

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



TESIS DE GRADO

**SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNÓSTICO DE
CÁNCER DE PRÓSTATA CON LÓGICA DIFUSA**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA
MENCIÓN: INGENIERÍA DE SISTEMAS INFORMÁTICOS

POSTULANTE: MARCO ANTONIO YUJRA CHALLCO
TUTOR METODOLÓGICO: LIC. MIGUEL TOLEDO PAZ
ASESOR: LIC. GERMAN HUANCA TICONA

LA PAZ – BOLIVIA

2017



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



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

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

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

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

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

DEDICATORIA

Dar gracias a Dios por guiarme y cuidarme en todo momento, brindándome bendición y fuerza en mi vida, ayudándome a superar y sobrellevar todas las adversidades que se presentan en la vida.

A mis Padres Julián Yujra y Guillermina Challco por haberme brindado sabios consejos su amor, apoyo, comprensión, cuidado, paciencia en momentos de tristeza y felicidad.

A mis hermanos Alex, Verónica, Sandra y Ariel por compartir y vivir las mejores etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

El presente, no tuviera el valor significativo de consideración sin resaltar a las personas que intervinieron por su apoyo, guía y colaboración en su realización.

Al Lic. Freddy Miguel Toledo Paz por brindar el conocimiento, experiencia y sobre todo el apoyo para su conclusión de la Tesis de Grado.

Al Lic. German Huanca Ticona, resaltando la ayuda que me brindo en el desarrollo, mediante las observaciones y correcciones, de esta forma encaminar hacia un buen destino la presente Tesis de Grado.

Al Dr. Jorge Flores médico cirujano por colaborarme con la información para el desarrollo del presente, además, por la confianza y apoyo incondicional.

Al Lic. Crissthiam Gálvez Claros, por la colaboración en el desarrollo del Sistema Experto y brindar todo el apoyo necesario.

A todos los docentes y administrativos de la carrera de Informática, por brindar y transmitir el conocimiento en bien de los estudiantes, de esta forma incrementar el nivel académico de cada uno de nosotros.

A todos los compañeros de la carrera, por compartir esos momentos dentro y fuera de la universidad.

A todos muchas gracias.

RESUMEN

La presente tesis de grado plantea un modelo de Sistema Experto que permita realizar el diagnóstico y tratamiento del cáncer de próstata, además de beneficiarse con él enviando su diagnóstico y tratamiento vía internet a su correo electrónico.

Se considera como objeto de estudio al cáncer de próstata que pertenece a un conjunto de enfermedades. Este tipo de afección se presenta con frecuencia en nuestro medio, realmente se desconocen con exactitud los factores que determinan la aparición del cáncer de próstata, aunque diversos estudios identifican algunas circunstancias que pueden incrementar el riesgo de padecerlo.

Se diseña el sistema experto que cuente con las siguientes características: los síntomas del paciente consideradas variables de entrada, una base de hechos que almacene síntomas particulares, una base de conocimientos representadas por reglas formalizadas por predicados que contienen el conocimiento del experto humano, un motor de inferencia que obtiene conclusiones y finalmente las variables de salida (diagnóstico y tratamiento).

Posteriormente se realiza la simulación del sistema experto a través de un prototipo desarrollado en Visual Basic 6.0., y se diseñan los casos de prueba que permiten verificar los resultados obtenidos comparados con resultados verídicos o reales proporcionados por el experto humano Dr. Jorge Flores. Para ello se considera personas de todas las edades que hayan asistido a consulta médica en la especialidad de Urología en el centro de salud.

De los resultados obtenidos de las pruebas, se evalúa el sistema experto llegando a la conclusión que los diagnósticos obtenidos tienen un grado de confiabilidad de un 60 % respecto a los resultados reales

ABSTRACT

This thesis presents a model of Expert System that allows for the diagnosis and treatment of prostate cancer, in addition to benefit with the dispatch of your diagnosis and treatment via the Internet to your email.

It is considered as an object of study to the prostate cancer belongs to a group of diseases. This type of condition occurs frequently in our midst, really are not known with accuracy the factors that determine the appearance of cancer of prostate, although various studies identify some circumstances that can increase the risk of suffering from it.

The expert system is designed with the following features: The patient's symptoms considered input variables, a database of facts that store particular symptoms, a knowledge base represented by rules formalised by predicates that contain the knowledge of the human expert, an inference engine that gets conclusions and finally the output variables (diagnosis and treatment).

Subsequently provides a simulation of the expert system through a prototype developed in Visual Basic 6.0., and are designed to test cases to verify the results obtained compared with real or true results provided by the expert human D. Jorge Flores. This is considered to be persons of all ages who have attended medical consultation in the specialty of Urology at the health center.

The results obtained from the tests, evaluates the expert system coming to the conclusion that the diagnoses have a degree of reliability of a 60 % compared to the actual results

ÍNDICE

CAPÍTULO I	11
1 MARCO INTRODUCTORIO.....	11
1.1 INTRODUCCIÓN.....	11
1.2 ANTECEDENTES	12
1.3 OBJETO DE ESTUDIO O INVESTIGACION.....	13
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.5 JUSTIFICACION.....	14
1.6 HIPÓTESIS	14
1.7 OBJETIVOS.....	14
1.7.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.8 ALCANCES Y LIMITES	15
1.8.1 ALCANCES	15
1.8.2 LIMITES	15
1.9 METODOLOGÍA.....	16
1.10 APORTES	16
CAPÍTULO II.....	17
2 MARCO TEÓRICO	17
2.1 CANCER DE PRÓSTATA.....	17
2.2 ANATOMÍA PATOLÓGICA E HISTORIA NATURAL.....	18
2.2.1 HISTOLOGÍA.....	18
2.2.2 CRECIMIENTO.....	19
2.2.3 NEOPLASIA INTRAEPITELIAL PROSTÁTICA	19
2.2.4 LOCALIZACIÓN	20
2.3 PREVENCIÓN.....	20

2.3.1 PREVENCIÓN PRIMARIA	20
2.3.2 DETECCIÓN PRECOZ	21
2.3.2.1 ANTÍGENO DE CÁNCER DE PRÓSTATA-2.....	22
2.3.2.2 ANTÍGENO PROSTÁTICO ESPECÍFICO (PSA)	23
2.3.2.3 TACTO RECTAL	23
2.3.2.4 ECOGRAFÍA PROSTÁTICA TRANSRECTAL.....	24
2.4 DIAGNÓSTICO.....	26
2.4.1 SIGNOS Y SÍNTOMAS	26
2.4.2 BIOPSIA.....	26
2.4.2.1 RESULTADOS SOSPECHOSOS	28
2.4.3 ESTADIFICACIÓN	29
2.4.3.1 EXPLORACIÓN FÍSICA	29
2.5 TRATAMIENTO	29
2.5.1 CONDUCTA EXPECTANTE	30
2.5.2 CIRUGÍA	31
2.5.3 RADIOTERAPIA.....	32
2.5.4 BRAQUITERAPIA DE BAJA TASA	32
2.5.5 CRIOCIRUGÍA.....	32
2.5.5.1 EFECTOS SECUNDARIOS	33
2.5.6 HIFU.....	33
2.5.7 BLOQUEO HORMONAL ANDROGÉNICO.....	34
2.5.8 QUIMIOTERAPIA	35
2.5.9 TRATAMIENTO PALIATIVO.....	35
2.5.10 OPCIONES SEGÚN ESTADO	36
2.5.10.1 RECURRENCIA	38
2.5.10.2 METÁSTASIS	38

CAPÍTULO III	39
3 MARCO APLICATIVO	39
3.1 SISTEMAS EXPERTOS.....	39
3.2 COMPARACIÓN ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN SISTEMA CLÁSICO ..	41
ARQUITECTURA DEL SISTEMA EXPERTO	43
3.2.1 BASE DE CONOCIMIENTOS (BC)	43
3.2.2 MOTOR DE INFERENCIA.....	44
3.2.3 INTERFAZ DE USUARIO.....	44
3.3 COMPONENTES DE DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTO.....	45
3.3.1 EL EQUIPO DE DESARROLLO	45
3.3.2 CONSTRUCCION DE PROTOTIPOS (Rapid Prototyping)	46
3.4 LÓGICA DIFUSA.....	47
3.5 TEORIA DE CONJUNTOS DIFUSOS	51
CAPÍTULO IV	53
4 DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO.....	53
4.1 DESCRIPCION DE LOS MODELOS.....	53
4.2 MÉTODO CIENTÍFICO.....	54
4.3 MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA EXPERTO.....	57
4.4 DESCRIPCION INFORMAL DEL MODELO	59
4.5 ARBOL AND/OR	61
4.6 INTERACCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO.....	69
4.7 DESCRIPCION FORMAL DEL MODELO	70
4.8 APLICACIÓN DE REGLAS INFERENCIALES	73
4.9 FUZZIFICACION DE VARIABLES	76
4.10 DESFUZZIFICACION DE LAS VARIABLES	80
4.11 PROTOTIPO	82

4.12 PRESENTACION DEL SISTEMA EXPERTO	83
CAPÍTULO V	93
5 RESULTADOS Y DISCUSIONES	93
5.1 ANALISIS DE RESULTADOS.....	93
CAPÍTULO VI.....	99
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1 CONCLUSIONES.....	99
6.2 RECOMENDACIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	101
GLOSARIO MEDICO.....	103
ANEXO.....	109
DOCUMENTACION ADJUNTA.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Cáncer de Próstata.....	17
Figura 2.2: Prueba médica del tacto rectal	24
Figura 2.3: Ecografía Transrectal.....	25
Figura 2.4: Biopsia	28
Figura 3.1: Ciclo de vida de un Sistema Tradicional y un Sistema Experto.....	42
Figura 3.2: Arquitectura de un Sistema Experto	45
Figura 3.3: Funciones de pertenencias usuales	51
Figura 4.1: Esquema del método científico por su finalidad.....	56
Figura 4.2: Grupo que intervienen en el desarrollo del trabajo.....	59
Figura 4.3: Estructura del sistema experto propuesto	60
Figura 4.4: Interacción entre componentes	70
Figura 4.5: Funcionamiento del modelo planteado.....	72
Figura 4.6: Entorno de desarrollo del Sistema Experto “S.E.P.D.C.P”	83
Figura 4.7: Pantalla principal del prototipo.....	84
Figura 4.8: Mensaje de bienvenida al sistema experto de Diagnostico del Cáncer de Próstata	85
Figura 4.9: Pregunta ¿Desea Realizar la Consulta si usted tiene cáncer de Próstata?	85
Figura 4.10: Mensaje Ingrese su Nombre.	86
Figura 4.11 Mensaje de Bienvenida	86

Figura 4.12: Elija una de las opciones de Consulta.....	86
Figura 4.13: Pregunta ¿Cuál es tu edad?.....	87
Figura 4.14: Pregunta ¿Cuál es tu peso corporal?.....	87
Figura 4.15: Pregunta ¿Qué nivel de consumo de carnes rojas y grasas tiene?	88
Figura 4.16: Pregunta ¿Su consumo de Alcohol y tabaco tiene un nivel?.....	88
Figura 4.17: Pregunta ¿Tiene usted sangrado en la orina?.....	89
Figura 4.18: Pregunta ¿Tiene usted Dolor en la parte de la pelvis?.....	89
Figura 4.19: Pregunta ¿Qué tipo de Análisis se Realizó?	90
Figura 4.20: Pregunta ¿Después de los análisis de revisión, cual es el grado de propagación?	90
Figura 4.21: Pregunta ¿El análisis determina que tiene cáncer de Oncocitoma prostático?91	
Figura 4.22: Pregunta ¿Presenta un único tumor y no existe células cancerosas?.....	91
Figura 4.23: Pregunta ¿Diagnóstico y tratamiento que se sugiere?	92
Figura 4.24: Mensaje llenando datos complementarios	92
Figura 5.1: Cantidad de pacientes atendidos en un determinado tiempo por el Experto y el Prototipo	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Comparación entre sistema experto y sistema clásico	42
Tabla 4.1: Descripción de variables	61
Tabla 5.1: Diagnostico Experto Humano vs. Sistema Experto	94
Tabla 5.2: Cantidad de pacientes atendidos en un determinado tiempo por el Experto y el Prototipo	96

CAPÍTULO I

1 MARCO INTRODUCTORIO

1.1 INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA) es una disciplina científica-técnica que está orientada al estudio del razonamiento humano y sus diversas formas de comportamiento para luego intentar reproducir mediante un modelo lógico la forma en que los seres humanos identifican estructuras, infieren resultados problemas difíciles.

Los sistemas expertos son un área que se encarga de estudiar los sistemas basados en conocimiento, son aplicados a numerosos campos tales como la medicina, estrategias militares, económicas financieras, ingeniería, derecho y otros también se puede decir que tratan de imitar el razonamiento de un experto para resolver un problema de un tópico definido. Su comportamiento se basa en conocimientos previamente definidos y mediante estos conocimientos, los SE son capaces de calcular soluciones.

La idea básica de estos programas es capturar en una computadora la experiencia y el conocimiento de una persona experta en un área determinada del saber, del modo tal que otra persona llamada usuario pueda utilizarla y aprovechar esa información.

Estos sistemas son desarrollados con diferentes objetivos y muy variado propósito, entre algunas tareas que realiza tenemos el diagnóstico, predicciones, monitoreo, selección, planificación, control y para la toma de decisiones o como herramientas de entrenamiento y enseñanza, según la situación que se planteen.

El cáncer es una de las causas principales de muerte puede afectar a todas las edades, inclusive a fetos, pero el riesgo de sufrir los más comunes se incrementa con la edad, el cáncer causa cerca del 13% de todas las muertes.

De acuerdo con la Sociedad Americana del Cáncer, 7.6 millones de personas murieron de cáncer en el mundo durante 2007, el cáncer es un conjunto de enfermedades en las cuales el

organismo produce un exceso de células malignas (conocidas como cancerígenas o cancerosas), con crecimiento y división más allá de los límites normales.

Por lo tanto se plantea la presente Tesis de investigación “Sistema experto para el diagnóstico del cáncer de Próstata”.

1.2 ANTECEDENTES

La próstata es la glándula sexual del hombre encargada de producir el semen. Es del tamaño de una nuez y se encuentra debajo de la vejiga de la orina, rodeando a la uretra. A diferencia de otro tipo de cáncer, el de próstata se caracteriza por evolucionar de forma muy lenta. El cáncer de próstata es extremadamente frecuente, aun cuando su causa exacta sea desconocida. Según los datos facilitados por la Sociedad Española de Oncología Médica en junio de 2015, alrededor de 29.000 hombres padecen esta enfermedad cada año, lo que la convierte en la forma más común de cáncer masculino. Cuando se examina al microscopio el tejido prostático obtenido tras una intervención quirúrgica o en una autopsia, se encuentra cáncer en el 50 por ciento de los hombres mayores de 70 años y prácticamente en todos los mayores de 90, aunque gran parte de ellos no llegan a ser conscientes de la enfermedad ante la falta de síntomas reconocibles.

La enfermedad se desarrolla más frecuentemente en individuos mayores de 50 años. Es el segundo tipo de cáncer más común en hombres. Sin embargo, muchos hombres que desarrollan cáncer de próstata nunca tienen síntomas, ni son sometidos a terapia. Diversos factores, incluyendo la genética y la dieta, han sido implicados en su desarrollo, pero hasta la fecha (2005), las modalidades de prevención primaria conocidas son insuficientes para eliminar el riesgo de contraer la enfermedad.

En un estudio de la Universidad de Islandia llevado a cabo durante cinco años, se determinó que los trastornos del sueño pueden tener una influencia en el padecimiento de la enfermedad, aunque no probaron relaciones del tipo causa - efecto. De acuerdo al estudio, los hombres

con trastornos de sueño tienen una propensión de hasta el doble de probabilidad de desarrollar la enfermedad en comparación a aquellos hombres sin los mismos trastornos.^{1 2}

La detección se lleva a cabo principalmente por la prueba en sangre del antígeno prostático específico, llamado PSA (acrónimo inglés de prostate-specific antigen) o por exploración física de la glándula prostática (tacto rectal). Los resultados sospechosos típicamente dan lugar a la posterior extracción de una muestra tisular de la próstata (biopsia), que es examinada en microscopio.

El tratamiento puede incluir cirugía, radioterapia, quimioterapia, o bien una combinación de todas. La edad y el estado de salud general del afectado, tanto como el alcance de la diseminación, la apariencia de los tejidos examinados al microscopio y la respuesta del cáncer al tratamiento inicial, son vitales en la determinación del resultado terapéutico.

1.3 OBJETO DE ESTUDIO O INVESTIGACION

El objeto de estudio es el Cáncer de próstata es verificar las causas del crecimiento anormal de la glándula prostática que también tiene la capacidad de invadir a otros órganos.

Para ello se creara un Sistema Experto el cual tendrá como finalidad determinar según una serie de síntomas el tipo de Cáncer de Próstata que el paciente pudiese llegar a presentar y el tratamiento que éste debería seguir.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal Problema es que no existe un Sistema Experto para el diagnóstico de la detección del Cáncer de Próstata:

¿El sistema experto de diagnóstico de Cáncer de Próstata mediante la lógica difusa será capaz de proporcionar información para la respectiva prevención?

1.5 JUSTIFICACION

El Sistema Experto para el Diagnostico de Cáncer de Próstata es importante porque se necesita una herramienta de consulta e información para los profesionales, que brinde sustento a todas las personas que padecen esta enfermedad (cáncer de Próstata), se observó que la C.N.S. (Hospital General/Área Oncología) requiere de un sistema que pueda ayudar a diagnosticar y apoyar al profesional médico.

De esta manera poder obtener diagnósticos más acertados y afrontar con más certeza este flagelo que afronta la humanidad y desde luego la prevención, detección de síntomas a priori y la información son las mejores armas para combatir el cáncer de Próstata.

En este aspecto el presente trabajo ayudara a la sociedad en su conjunto en especial a las personas e instituciones involucradas para prevenir el cáncer de Próstata.

1.6 HIPÓTESIS

Hi: El “Diseño del sistema basado en Lógica Difusa, permitirá el diagnóstico del Cáncer de Próstata” para determinar un adecuado tratamiento para el paciente.

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema experto que coadyuve al diagnosticar el Cáncer de Próstata basado en lógica difusa.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir el prototipo del sistema experto para el diagnóstico del cáncer de Próstata el cual permitirá evaluar el sistema experto con el experto humano.
- Diseñar la base de conocimiento y reflejar la experiencia del medio especialista en el tratamiento del cáncer de Próstata usando lógica difusa.
- Construir la base de conocimientos mediante el árbol de decisiones para el diagnóstico del Cáncer del Próstata.

1.8 ALCANCES Y LIMITES

1.8.1 ALCANCES

Existen una gran cantidad de tipos de cáncer como ser el cáncer de Colon, Cáncer de Pulmón, Cáncer de Cuello Uterino, Cáncer del Riñón, Cáncer en los Huesos y otros tipos de Cáncer, este trabajo abarca en desarrollar el sistema experto en el diagnóstico y tratamiento de forma que ayude al paciente a mejorar la situación o evolución en que se encuentra su cáncer.

Se realizara un estudio acerca de la lógica Difusa que es vista como una herramienta muy útil en el diseño de sistemas expertos. El desarrollo del prototipo se lo realiza en el lenguaje Visual Basic 6.0.

1.8.2 LIMITES

- En cuanto al área elegida, aunque la próstata está formada por muchos tipos de células diferentes, más del 99% de los canceres de próstata se desarrollan sobre células de una glándula, por lo que se considera un área muy extensa, por tal motivo el estudio se realiza y se centra en una enfermedad específica, por tanto se realiza el diagnostico solamente a personas que presenten los síntomas de un solo tipo de cáncer de próstata.

- La lógica difusa ayuda a generar valores de algunas variables lingüísticas para realizar el diagnóstico y no así la construcción del prototipo de un sistema experto de control difuso.

1.9 METODOLOGÍA

Los métodos y técnicas utilizadas para alcanzar las metas propuestas en el desarrollo del presente proyecto son las siguientes:

METODO CIENTIFICO. La investigación científica es muy importante para poder resolver los problemas en el área de la salud aplicando diferentes principios y conceptos que clasifican la teoría a la práctica, entre estas tenemos la Observación, Experimentación y la Entrevista, nuestra investigación se desarrolla bajo el método científico.

1.10 APORTES

Es importante el estudio porque dará un diagnóstico a los pacientes que sufren del Cáncer del Próstata porque muchas veces se cometen errores en el diagnóstico esto puede comprometer las posibilidades de supervivencia del paciente así mismo se puede causar traumas psicológicos.

El diseñar una base de conocimiento con el conocimiento que tiene el especialista puede ser de mucha utilidad para que se pueda conocer más acerca del tratamiento de quimioterapia y de los medicamentos que se tienen este sistema puede ser usado también por estudiantes de medicina que realizan la especialidad en el área de oncología.

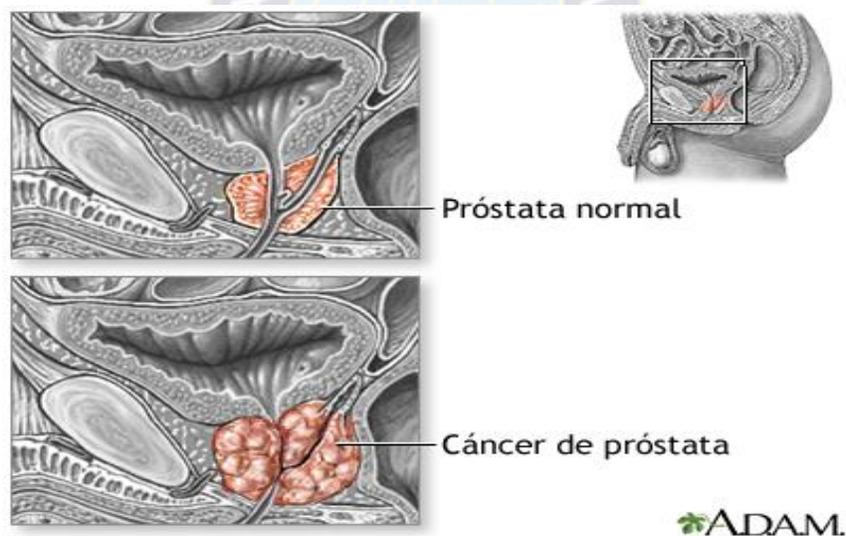
CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 CANCER DE PRÓSTATA

Se denomina cáncer de próstata al que se desarrolla en uno de los órganos glandulares del sistema reproductor masculino llamado próstata. El cáncer se produce cuando algunas células prostáticas mutan y comienzan a multiplicarse descontroladamente. Estas también podrían propagarse desde la próstata a otras partes del cuerpo, especialmente los huesos y los ganglios linfáticos originando una metástasis. Esta afección puede causar dolor, micción dificultosa, disfunción eréctil, entre otros síntomas.

Figura 2.1 Cáncer de Próstata



Fuente: Adam

La enfermedad se desarrolla más frecuentemente en individuos mayores de 50 años. Es el segundo tipo de cáncer más común en hombres. Sin embargo, muchos hombres que desarrollan cáncer de próstata nunca tienen síntomas, ni son sometidos a terapia. Diversos

factores, incluyendo la genética y la dieta, han sido implicados en su desarrollo, pero hasta la fecha (2005), las modalidades de prevención primaria conocidas son insuficientes para eliminar el riesgo de contraer la enfermedad.

En un estudio de la Universidad de Islandia llevado a cabo durante cinco años, se determinó que los trastornos del sueño pueden tener una influencia en el padecimiento de la enfermedad, aunque no probaron relaciones del tipo causa - efecto. De acuerdo al estudio, los hombres con trastornos de sueño tienen una propensión de hasta el doble de probabilidad de desarrollar la enfermedad en comparación a aquellos hombres sin los mismos trastornos.

La detección se lleva a cabo principalmente por la prueba en sangre del antígeno prostático específico, llamado PSA (acrónimo inglés de prostate-specific antigen) o por exploración física de la glándula prostática (tacto rectal). Los resultados sospechosos típicamente dan lugar a la posterior extracción de una muestra tisular de la próstata (biopsia), que es examinada en microscopio.

El tratamiento puede incluir cirugía, radioterapia, quimioterapia, o bien una combinación de todas. La edad y el estado de salud general del afectado, tanto como el alcance de la diseminación, la apariencia de los tejidos examinados al microscopio y la respuesta del cáncer al tratamiento inicial, son vitales en la determinación del resultado terapéutico.

2.2 ANATOMÍA PATOLÓGICA E HISTORIA NATURAL

2.2.1 HISTOLOGÍA

Aunque la próstata está formada por muchos tipos de células diferentes, más del 99% de los cánceres de próstata se desarrollan sobre células de una glándula. Las células glandulares producen el líquido seminal que se secreta por la próstata. El término médico del cáncer que se origina en las células glandulares se denomina adenocarcinoma. Debido a que los otros tipos de cáncer de próstata son muy raros, cuando se habla de cáncer de próstata, lo más

probable es que se refiera a un adenocarcinoma. Es raro encontrar sarcomas, carcinoma de células transicionales, de células pequeñas, epidermoides o escamosos. La próstata puede ser asiento de metástasis, de cáncer de vejiga, colon, pulmón, melanoma, linfoma u otras neoplasias.

2.2.2 CRECIMIENTO

La mayoría de los cánceres de próstata crecen muy lentamente y persisten durante mucho tiempo sin causar síntomas importantes. Los estudios de series de autopsias muestran que la mayoría de los hombres mayores que mueren por otras enfermedades, también tienen un cáncer de próstata que nadie había diagnosticado antes. Sólo alrededor de un tercio de los casos que se descubren en necropsia, se han manifestado clínicamente. Se desconoce igualmente si los tumores pueden volverse más malignos con el tiempo.

2.2.3 NEOPLASIA INTRAEPITELIAL PROSTÁTICA

Algunos médicos creen que el cáncer de próstata procede de una lesión llamada neoplasia intraepitelial prostática (PIN). La PIN comienza a aparecer en los hombres a partir de los 20 años. Casi el 50% de los hombres que tienen PIN alcanzan los 50 años. En esta situación hay cambios de apariencia microscópica (tamaño, superficie, etc.) de las células de la glándula prostática. Estos cambios son clasificados como de bajo grado, lo que significa que se parecen bastante a las células normales, o de alto grado, lo que significa que son células muy alteradas y diferentes de las células normales. Si se diagnostica un PIN de alto grado por biopsia, existe de un 30 a 50% de posibilidades de padecer también un cáncer de próstata. Por esta razón, los varones diagnosticados de un PIN de alto grado, son seguidos muy de cerca con biopsias de próstata periódicamente.

2.2.4 LOCALIZACIÓN

El cáncer de próstata tiende a ser multifocal y con frecuencia afecta a la cápsula glandular. Al contrario que la hipertrofia benigna de próstata (HBP), el cáncer de próstata predomina en la periferia de la próstata. Ambas características (multifocal y periférico) hacen que la resección transuretral (RTU) no sea una forma de terapia curativa.

2.3 PREVENCIÓN

2.3.1 PREVENCIÓN PRIMARIA

La información actual sobre los factores de riesgo del cáncer de próstata sugiere que algunos casos pueden ser prevenidos. Un posible factor de riesgo que puede ser cambiado es la dieta, existiendo relación, por ejemplo, entre el consumo de polifenoles del vino tinto y una menor incidencia de este tipo de cáncer. Cabe disminuir el riesgo de padecer este cáncer consumiendo una dieta baja en grasas y rica en verduras, frutas y cereales.

Parece que las vitaminas y los suplementos minerales pueden disminuir el riesgo de padecerlo. El mineral selenio puede reducir asimismo el riesgo. De todas formas, hay que consumir los suplementos vitamínicos con precaución. Es más recomendable una dieta rícamente variada con predominio de alimentos de origen vegetal que animal, que contienen todos estos micronutrientes y que actúan positiva y sinérgicamente.

Según T. Colin Campbell, en El Estudio de China, el consumo de lácteos está relacionado al cáncer de próstata. Investigaciones realizadas en Harvard en 2001 concluyeron que doce de catorce estudios de diseño caso-control y siete de nueve estudios de cohortes demostraron una asociación positiva entre una determinada cantidad de productos lácteos y el cáncer de próstata. De acuerdo los resultados, este es uno de los indicadores nutricionales más concordantes para el cáncer de próstata "en toda la literatura científica publicada". En estos estudios, los hombres que consumían mayor cantidad de productos lácteos tenían

aproximadamente el doble de riesgo de contraer cáncer de próstata y un riesgo cuatro veces mayor de sufrir metástasis o un cáncer de próstata con consecuencias fatales, en comparación con aquellos que consumían poca cantidad de dichos alimentos.

El Prostate cancer prevention trial es un ensayo clínico, que ha reclutado a más de 18.000 hombres mayores de 50 años, para determinar el efecto protector de una sustancia llamada finasterida, capaz de proteger la próstata de las hormonas masculinas, pudiendo reducir el riesgo de cáncer. A pesar de las expectativas creadas, la utilización de finasteride se asoció a una mayor frecuencia de efectos adversos de tipo sexual. Además, se observó que el grupo tratado con el medicamento mostró una mayor tasa de cáncer de próstata más agresivos], un efecto científicamente plausible. Cabe señalar, por último, que la prevalencia de cáncer prostático entre aquellos que tomaron placebo estaba muy por encima de lo esperado, obligando así a dudar de los resultados y aplicabilidad de dicho estudio.

Parece que los antiinflamatorios no esteroideos, como la aspirina y el ibuprofeno, tomados diariamente se asocian con una menor incidencia de cáncer de próstata en varones de 60 años o más, de acuerdo con algunos estudios.

2.3.2 DETECCIÓN PRECOZ

A menudo puede ser detectado precozmente con la prueba del antígeno prostático específico (PSA) en sangre. También puede detectarse el cáncer de próstata precozmente cuando se realiza un tacto rectal. Debido a que la glándula prostática se localiza justamente delante del recto, con el tacto rectal se puede apreciar si hay nódulos o áreas de consistencia dura (leñosa) en la próstata que indican a menudo que existe un cáncer. Si estas pruebas se realizan anualmente de rutina y alguno de los resultados fuera anormal, tenemos la probabilidad de diagnosticar un cáncer en estado precoz.

La Sociedad Americana del Cáncer cree que los profesionales de la salud deberían ofrecer la prueba en sangre del antígeno prostático específico, llamado comúnmente PSA (prostate-

specific antigen) y tacto rectal anualmente desde los 50 años, a los varones que tengan una esperanza de vida mayor de 10 años. Los hombres con alto riesgo, como los afroamericanos y los varones que tengan familiares de primer grado (padre, hermanos, tíos) diagnosticados de cáncer de próstata a edad temprana, deberían hacerse la prueba a partir de los 45 años.

Los profesionales de la salud deberían facilitar a sus pacientes varones un diálogo abierto sobre los beneficios y riesgos de realizarse las pruebas anualmente. Los pacientes deberían participar activamente en esta decisión para aprender sobre el cáncer de próstata y los pros y contras de la detección precoz y su tratamiento.

El estudio de detección de cáncer de próstata, de pulmón, colon rectal y de ovario, financiado por el Instituto Nacional del Cáncer de los Estados Unidos, está diseñado para demostrar si ciertos exámenes de detección selectiva pueden reducir el número de muertes por estos cánceres. Este estudio está evaluando la utilidad de la detección precoz con tacto rectal y nivel de PSA en sangre en hombres de 55 a 74 años. Los resultados estarán disponibles a partir de 2010, cuando finalice el estudio.

2.3.2.1 ANTÍGENO DE CÁNCER DE PRÓSTATA-2

El Antígeno de Cáncer de Próstata-2 o ACP-2 es el más reciente descubrimiento realizado en la Universidad Johns Hopkins en Baltimore. Se trata de una proteína que se encuentra presente en el 90% de los casos estudiados donde se confirmaba cáncer de próstata y en el 98% de los casos donde éste se había propagado más allá de ésta, quedando un relativo nivel de falsos negativos en comparación con la prueba del Antígeno Prostático. Por otro lado, presenta un bajo índice de falsos positivos, dado que tiene un 97% de acierto cuando se trata de verificar que un paciente no sufre de cáncer de próstata.

2.3.2.2 ANTÍGENO PROSTÁTICO ESPECÍFICO (PSA)

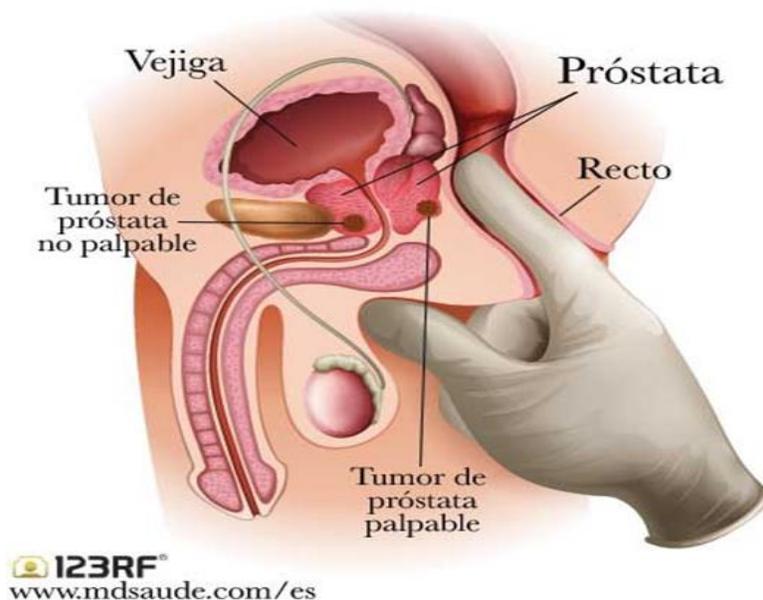
El antígeno prostático específico (PSA) es una sustancia proteica sintetizada por la próstata normal y cuya función es la disolución del coágulo seminal. Su producción depende de la presencia de andrógenos y del tamaño de la glándula prostática. Prácticamente es una proteína de síntesis exclusiva en la próstata. Una pequeñísima parte de este PSA pasa a la circulación sanguínea y es precisamente este PSA que pasa a la sangre el que se mide para el diagnóstico, pronóstico y seguimiento del cáncer de próstata. Los niveles en sangre de PSA en los varones sanos son muy bajos, del orden de millones de veces menos que el semen, y se elevan en la enfermedad prostática. Los valores de referencia para el PSA sérico varían según los distintos laboratorios, aunque normalmente éstos se sitúan en 4 ng/mL. El punto de corte de los niveles normales también aumenta según la edad del paciente. De esta forma, unos niveles de PSA séricos de 4 ng/mL pueden considerarse elevados en una persona de 50 años y ser normal en una de 80 años. Los niveles de PSA oscilan de forma aleatoria del orden de un 15% en un mismo individuo. Así, un análisis de PSA de 3 ng/mL se puede repetir en otra ocasión y podría dar un resultado de 3,2 o 2,8 ng/mL de forma natural. En un paciente hospitalizado, los niveles pueden disminuir hasta un 50%. Aunque el PSA es más abundante en el semen, una pequeña proporción se encuentra también en la sangre. La mayoría de los hombres tienen niveles de PSA por debajo de 4 nano gramos por mililitro de sangre. El nivel de PSA sérico es la prueba más sensible para detectar precozmente el cáncer de próstata, ya que se eleva en el 65% de los casos aproximadamente.

2.3.2.3 TACTO RECTAL

Aunque el tacto rectal es menos efectivo, que la prueba del PSA en sangre, para detectar cáncer de próstata, en etapa inicial es indispensable que se realice como parte del examen físico, porque a veces se pueden palpar, nódulos, induraciones irregularidades o asimetrías

en pacientes que tienen niveles normales de PSA, y que requerirían de una biopsia, para descartar o confirmar la presencia de un cáncer prostático.

Figura 2.2: Prueba médica del tacto rectal



Fuente: Adam

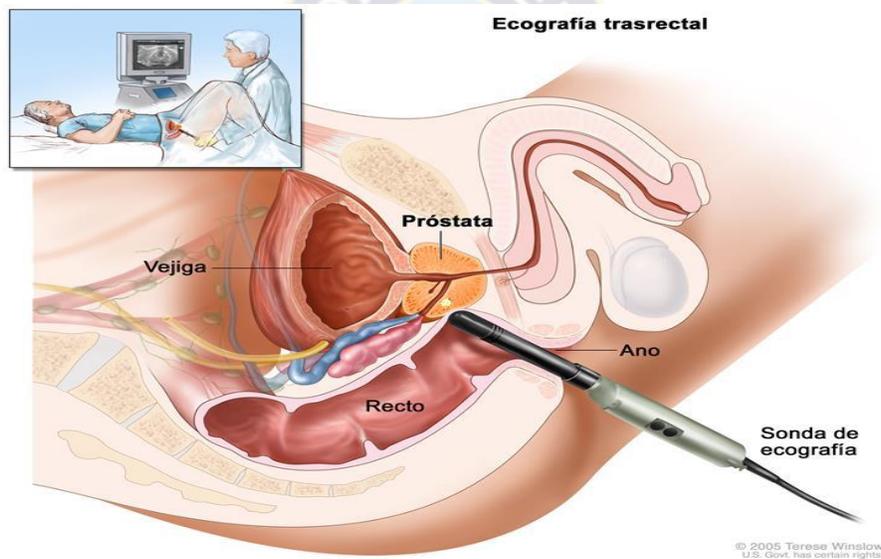
Por esta razón, las guías de la American Cancer Society recomiendan el uso conjunto, tanto del tacto rectal como de la prueba del PSA en sangre para una detección precoz. El tacto rectal también se utiliza cuando se sabe que se tiene un cáncer de próstata, para clasificación del estado de la enfermedad y determinar, clínicamente, si el cáncer ha sobrepasado los límites de la glándula prostática o detectar recidivas después de un tratamiento.

2.3.2.4 ECOGRAFÍA PROSTÁTICA TRANSRECTAL

Se debe realizar cuando el tacto rectal es positivo o cuando el PSA esté elevado. Y ser ordenada conjuntamente con la biopsia transrectal de próstata. Este procedimiento, se lleva a cabo ambulatoriamente. Actualmente se realiza bajo anestesia (sedación) y requiere de

preparación previa (antibióticos y enemas). La ecografía transrectal es el método más empleado para guiar la aguja que extraerá la muestra de tejido para la biopsia de la próstata. Los tumores de próstata y el tejido prostático normal ocasionalmente, reflejan ondas de sonido diferentes, los tumores, cuando se detectan ecográficamente aparecen como imágenes hipo ecoicas por lo general alojadas en la periferia de la glándula. Sin embargo la mayoría de los tumores prostáticos son isoecoicos, por lo que no se diferencian del tejido normal prostatitis.

Figura 2.3: Ecografía Trasrectal



Fuente: National Cancer Institute

Por eso se utiliza la ecografía transrectal de próstata para guiar la aguja de biopsia y tomar muestras múltiples, en diferentes áreas de la glándula prostática, lo que se conoce como mapeo prostático, y adicionalmente realizar una biopsia de la lesión o nódulo que se detecte durante el estudio ecográfico de la próstata.

La ecografía transrectal, por sí sola, es una técnica poco sensible e inespecífica para usarla como prueba de detección selectiva, por lo que la ecografía transrectal no se recomienda de rutina como prueba de detección precoz.

2.4 DIAGNÓSTICO

Si algunos síntomas o los resultados de las pruebas de detección precoz plantean la posibilidad de un cáncer de próstata, es obligatorio efectuar otras pruebas para decidir si la enfermedad está presente.

2.4.1 SIGNOS Y SÍNTOMAS

El cáncer de próstata precoz normalmente no produce síntomas y se detecta por una elevación del PSA o realizando un tacto rectal. La presencia de síntomas es indicativo de que se halla en una fase avanzada. Entre los síntomas se encuentran: disuria, tenesmo vesical, polaquiuria y nicturia, retención de orina, goteo y hematuria terminal. El inicio brusco y la progresión rápida de los síntomas obstructivos urinarios en hombres del grupo de edad adecuado, tiene muchas probabilidades de ser causado por un cáncer de próstata.

2.4.2 BIOPSIA

La biopsia de los nódulos de las áreas sospechosas y de zonas al azar permite detectar el cáncer en sólo la mitad de los pacientes que presentan la próstata indurada. La biopsia también ayuda a determinar si el cáncer es o no multifocal. En más del 30% de los pacientes, la biopsia con aguja no puede descubrir el cáncer, teniendo que recurrir a la repetición posterior de las biopsias.

La biopsia por punción con aguja hueca (core biopsia) es la técnica preferida (estándar) para diagnosticar un cáncer de próstata. Una biopsia es un procedimiento en el que se extrae una muestra de tejido y se examina al microscopio. La ecografía transrectal se utiliza para guiar e insertar una aguja fina y hueca a través de la pared del recto en algunas áreas de la glándula

prostática. La aguja extrae un cilindro de tejido, normalmente de 1 cm de longitud y de 2 mm de ancho, que se envía a anatomía patológica para examinar si existe cáncer.

Las muestras de la biopsia se envían al laboratorio de anatomía patológica. El patólogo, un médico especialista en diagnosticar enfermedades en muestras de tejido, determinará si existen células cancerosas en la biopsia, examinándola al microscopio. Este análisis normalmente tarda de uno a tres días. Si existe cáncer, el patólogo también asigna un grado (escala de Gleason). La clasificación de Gleason puntúa de 1 a 5 el grado de diferenciación de las 2 estirpes celulares más representativas en el tumor, que al sumarse, dan una puntuación sobre 10:

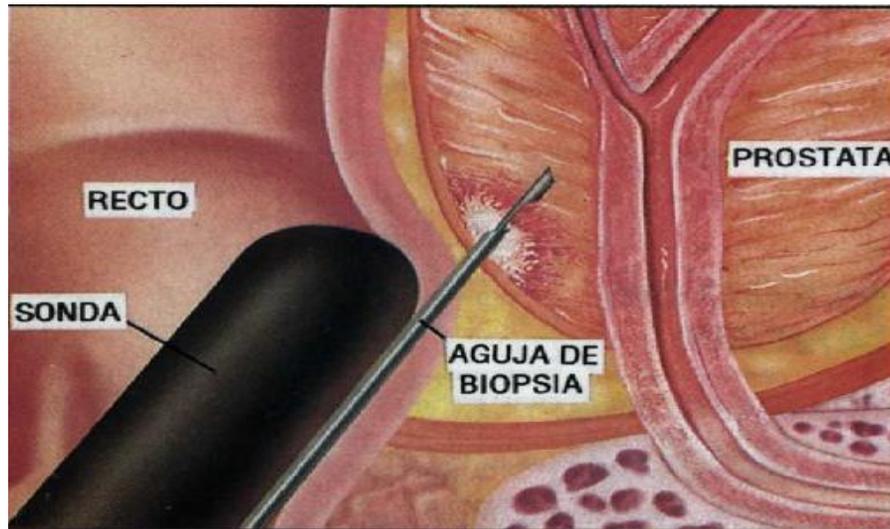
- Puntuación 2-4. Tumor bien diferenciado.
- Puntuación 5-6. Tumor medianamente diferenciado.
- Puntuación 7-10. Tumor poco diferenciado o indiferenciado.

A mayor puntuación, menor diferenciación tumoral, y por tanto mayor gravedad y peor pronóstico.

La biopsia de la próstata es esencial para confirmar el diagnóstico y está indicada cuando se descubre alguna nodularidad al realizar el tacto rectal, al determinar una elevación del PSA sérico o alguna alteración en las pruebas de imagen, o bien cuando aparecen síntomas del tracto urinario inferior en un varón que no tiene causas conocidas de obstrucción.

El diagnóstico del cáncer de próstata sólo puede confirmarse tomando una muestra de tejido (biopsia). La biopsia consiste en la inserción de una aguja en la próstata con la intención de extraer parte de su tejido celular y analizarlo. Este análisis permite confirmar o descartar la existencia de la enfermedad aunque, según algunos estudios, también puede dar origen a complicaciones.

Figura 2.4: Biopsia



Fuente: Simongrijalvareza [WordPress.com]

2.4.2.1 RESULTADOS SOSPECHOSOS

Algunas veces, cuando el patólogo detecta células prostáticas al microscopio, algunas no parecen cancerosas, pero tampoco parecen normales. Estos resultados a menudo son llamados "sospechosos". Generalmente pertenecen a dos categorías: "atipias" o Neoplasia Intraepitelial Prostática (PIN).

La PIN se divide en bajo grado y alto grado. Muchos hombres desarrollan PIN de bajo grado siendo jóvenes y no necesariamente desarrollarán un cáncer de próstata. La importancia del PIN de bajo grado en relación con el cáncer de próstata aún no está clara.

Pero con hallazgos de atipias o PIN de alto grado, el cáncer puede estar presente a la vez en alguna localización de la glándula prostática. Entre el PIN de alto grado, existe un 30 a 50% de probabilidad de encontrar un cáncer en una biopsia realizada más tarde. Por esta razón, se recomienda repetir la biopsia de próstata en estos casos.

2.4.3 ESTADIFICACIÓN

El estadio o etapa de un cáncer es el factor más importante para elegir la opción de tratamiento más adecuada y predecir el pronóstico del paciente. Si se confirma un cáncer, es necesario practicar más pruebas diagnósticas para saber la extensión del cáncer dentro de la próstata y fuera de ella (en la vecindad de la próstata o en otras partes del cuerpo: enfermedad a distancia, diseminada o metastásica). Este proceso, llamado estadificación, ofrece información acerca del cáncer con varias pruebas para determinar la extensión del cáncer.

Los datos obtenidos del tacto rectal, nivel de PSA y puntuación Gleason permiten saber qué pruebas hacen falta para el estudio de extensión. Los hombres con tacto rectal normal, PSA bajo y puntuación Gleason baja, la mayoría de las veces no necesitan ninguna otra prueba más, porque la probabilidad de que el cáncer esté extendido fuera de la próstata es muy baja.

2.4.3.1 EXPLORACIÓN FÍSICA

La exploración física, especialmente el tacto rectal, es una parte importante de la estadificación del cáncer de próstata. Con los datos del tacto rectal, se puede decir algunas veces si el cáncer sólo está en un lado "lóbulo" de la próstata, si está presente en ambos lados y si tiene gran probabilidad de extenderse fuera de la glándula prostática. Se debe explorar si los surcos prostáticos están presentes o borrados y si se palpan o no las vesículas seminales (normalmente no se palpan). También hay que palpar los ganglios linfáticos inguinales en busca de adenopatías metastásicas (poco frecuentes) El tacto rectal siempre es usado junto con la prueba del PSA en sangre para la detección precoz del cáncer de próstata.

2.5 TRATAMIENTO

El tratamiento del cáncer de próstata se rige por la información científica disponible que se adapta al sistema sanitario y a los recursos económicos de cada región o país. Debe ser individualizado y considerar muchos factores, sobre todo:

- La edad y la expectativa de vida.
- Las preferencias del paciente con respecto a los efectos secundarios asociados a cada tratamiento.
- Cualquier enfermedad grave que padezca el paciente.
- El estado y el grado del cáncer.
- La probabilidad de que cada tipo de tratamiento sea curativo.

Con los datos del PSA, puntuación Gleason y el estadio clínico T (Tablas de Partin), se puede calcular la probabilidad de que el cáncer de próstata sea:

- Enfermedad de órgano confinada.
- Extensión extraprostática (rotura capsular).
- Invasión de vesículas seminales.
- Invasión de los ganglios linfáticos pélvicos.

Es una costumbre muy extendida en los Estados Unidos (y que cada vez tiene más importancia en España) que el paciente pida una segunda opinión acerca de la mejor opción de tratamiento, según cuál sea su situación, especialmente si hay varias opciones disponibles. El paciente debe sopesar, junto con su urólogo y su familia, los beneficios de cada uno de los tratamientos y también los posibles efectos secundarios y riesgos.

2.5.1 CONDUCTA EXPECTANTE

Si el cáncer no provoca ningún síntoma, crece muy lentamente y es muy pequeño, confinado en una pequeña área de la próstata, se recomienda mantener una conducta expectante. En determinadas circunstancias ésta puede ser la mejor opción. Este tipo de tratamiento se reserva generalmente a varones mayores de 80 años. Debido a que el cáncer de próstata a

menudo crece muy despacio, si el paciente es mayor o padece otras enfermedades graves, no es necesario tratarlo. Algunos hombres eligen esperar y ver, porque no quieren padecer los efectos secundarios de los tratamientos agresivos.

Mantener una conducta expectante no significa que el paciente no vaya a recibir ningún cuidado médico o seguimiento. Todo lo contrario, el cáncer va a ser observado y monitorizado. Normalmente se realizan determinaciones del PSA en sangre y tacto rectal cada seis meses, posiblemente con biopsia guiada por ecografía transrectal anualmente. Si el paciente desarrollara cualquier síntoma o el cáncer creciera más rápidamente, se tiene que considerar pasar a un tratamiento activo.

Actualmente se está desarrollando un gran estudio patrocinado por el National Cancer Institute y el Veterans affairs cooperative studies program para aclarar cómo el tratamiento activo afecta a la supervivencia y a la calidad de vida de los pacientes con cáncer de próstata en diferentes edades, llamado PIVOT (acrónimo inglés de Prostatic Intervention Versus Observation Trial).

2.5.2 CIRUGÍA

La prostatectomía radical es la cirugía que se realiza con la intención de curar el cáncer de próstata. Tradicionalmente, la cirugía se ha efectuado en varones menores de 70 años. Se lleva a cabo más a menudo cuando el cáncer no ha sobrepasado los límites de la glándula prostática (estadios T1 o T2). En esta operación, el urólogo trata de curar el cáncer extirpando la glándula prostática. La prostatectomía radical se realiza tradicionalmente mediante laparatomía suprapúbica, que es la técnica de referencia o patrón oro actualmente. Desde 1997 se viene practicando la prostatectomía radical laparoscópica, siendo una cirugía menos invasiva y con resultados similares. Una variante es la prostatectomía radical robótica, con el uso del robot Da Vinci, que consigue resultados similares.

2.5.3 RADIOTERAPIA

La radioterapia usa rayos X de alta energía (megavoltaje) o partículas para eliminar células cancerosas. La radiación trata el cáncer de bajo grado que está confinado en la próstata o que sólo ha invadido tejido vecino. Las tasas de curación de la radioterapia son similares a las obtenidas con la prostatectomía radical. Si la enfermedad está más avanzada, la radiación puede usarse para disminuir el tamaño del tumor y proporcionar alivio de síntomas actuales o futuros. Tradicionalmente se ha reservado la radioterapia como tratamiento de primera línea en los varones entre 70 y 80 años de edad con cáncer de próstata y con otros problemas de salud que contraindican la cirugía.

2.5.4 BRAQUITERAPIA DE BAJA TASA

La braquiterapia de baja tasa de dosis es un tratamiento mínimamente invasivo que consiste en el implante de ínfimas fuentes radiactivas (semillas), generalmente de Paladio o I-125, directamente en la próstata. Con resultados iguales o mejores que la cirugía radical y la radioterapia externa en el tratamiento del cáncer de próstata localizado de bajo riesgo, presenta una menor morbilidad y mejores índices de calidad de vida del paciente, tal como lo acreditan los estudios del Prostate Cancer Results Study Group (PCRS) y del Prostate Cancer Center of Seattle.

2.5.5 CRIOCIRUGÍA

La criocirugía, también llamada crioterapia o crioablación, se emplea algunas veces para tratar el cáncer de próstata localizado, destruyendo por congelación las células tumorales con una criosonda metálica. A través de una sonda vesical se hace circular agua salada tibia para protegerla de la congelación. La sonda de metal se introduce en la próstata a través de una pequeña incisión en la piel del periné guiada por ecografía transrectal. Se requiere anestesia

epidural o general durante este procedimiento. En España son aún pocos los centros altamente especializados donde se practica la crioterapia.

El catéter se retira al cabo de una o dos semanas hasta que la inflamación prostática desaparezca. Después de este procedimiento, puede haber algunas molestias en el área donde fueron insertadas las sondas. El paciente debe estar ingresado en el hospital alrededor de 24 horas.

La criocirugía es menos invasiva, presenta una menor pérdida de sangre, una corta hospitalización, un corto periodo de recuperación y menos dolor que la cirugía sea cual sea el método empleado. Es una técnica mínimamente invasiva, que al igual que la cirugía, asegura haber destruido el órgano tumoral y además puede repetirse más veces si es necesario. La Asociación Americana de Urología (A.U.A.) la considera dentro de sus guías clínicas como un tratamiento de futura referencia.

2.5.5.1 EFECTOS SECUNDARIOS

La congelación lesiona los nervios cercanos a la próstata y causa impotencia en la mayoría de los hombres sometidos a criocirugía. Esta complicación ocurre con la misma frecuencia que en la prostatectomía radical y todas las modalidades de tratamiento del cáncer de próstata. Alrededor del 50% refieren hinchazón en el pene o en el escroto después de la criocirugía, normalmente durante dos semanas, y la mayoría de los hombres recuperan la función normal de recto y vejiga tras ese tiempo.

2.5.6 HIFU

Una de las muchas aplicaciones de la tecnología HIFU es para tratar el cáncer localizado de próstata, usando ultrasonidos focalizados de alta intensidad (en inglés "HIFU"). La energía se libera a partir de una sonda endorrectal. Las ondas de ultrasonidos viajan a través de las paredes del recto sin dañarlo y son focalizadas en la próstata. Esta focalización produce un

calentamiento intenso e instantáneo que provoca la destrucción irreversible de la zona seleccionada, sin dañar los tejidos circundantes. El tratamiento, que dura de 1 a 3 horas, puede llevarse a cabo bajo anestesia epidural. Esta opción terapéutica actualmente ya no se considera como experimental.

2.5.7 BLOQUEO HORMONAL ANDROGÉNICO

El objetivo del tratamiento hormonal es disminuir los niveles de hormonas masculinas, los andrógenos. El principal andrógeno se llama testosterona. Los andrógenos, producidos sobre todo en los testículos, promueven el crecimiento de las células cancerosas de la próstata. Cuando los niveles de andrógenos son bajos, los cánceres de próstata se reducen y crecen más lentamente. Pero el tratamiento hormonal no cura el cáncer ni es substitutivo de un tratamiento curativo.

El tratamiento hormonal puede ser usado en varias situaciones:

- Como primera línea (tratamiento inicial o primario o principal) si el paciente no está preparado para una cirugía o radioterapia o no puede ser curado con estos tratamientos porque el cáncer ha sobrepasado los límites de la próstata.
- Después de un tratamiento inicial, como cirugía o radioterapia, si el cáncer persiste o hay recaída.
- Junto con radioterapia como tratamiento inicial (terapia adyuvante) en ciertos grupos de hombres que tienen alto riesgo de recurrencia.
- Algunos médicos están ensayando el tratamiento hormonal antes de la cirugía o radioterapia (tratamiento neoadyuvante), con el objetivo de reducir el cáncer y poder hacer el tratamiento primario más efectivo. La efectividad de este procedimiento todavía no está demostrada, pero parece que es superior con radioterapia.

- Algunos médicos piensan que el tratamiento con bloqueo hormonal es más efectivo si se empieza tan pronto como sea posible, una vez que el cáncer se ha diagnosticado en un estadio avanzado, pero no todos los médicos están de acuerdo.
- Tradicionalmente se ha reservado al bloqueo androgénico completo para varones mayores de 80 años con cáncer de próstata sintomático o avanzado.

2.5.8 QUIMIOTERAPIA

Algunas veces se recurre a la quimioterapia si el cáncer de próstata está extendido fuera de la glándula prostática y el tratamiento hormonal no hace efecto (hormonorresistencia). En la “quimioterapia sistémica” se administran fármacos por vía intravenosa o por vía oral, los cuales entran en el torrente sanguíneo y alcanzan todas las partes del cuerpo, haciendo que este tratamiento sea potencialmente eficaz en los cánceres que han metastatizado (que se han extendido hacia órganos distantes de la próstata).

El objetivo de este tratamiento no es eliminar todas las células cancerosas, pero puede disminuir el crecimiento del cáncer y reducir el dolor. Se obtiene respuesta parcial objetiva entre el 10 y el 40% de los casos. La quimioterapia no está indicada como tratamiento en caso de cáncer de próstata precoz.

2.5.9 TRATAMIENTO PALIATIVO

La mayoría de los tratamientos anteriores tienen por finalidad eliminar o destruir las células del cáncer de próstata, o ralentizar su crecimiento. También es un objetivo muy importante cuidar de la “calidad de vida” del paciente, intentando eliminar, o disminuir, el dolor y otros síntomas que afligen al paciente. Algunos métodos muy efectivos para lograrlo son:

- Con analgésicos, especialmente opioides.
- Con bifosfonatos, sustancias que pueden aliviar el dolor causado por metástasis óseas y también enlentecer el crecimiento de estas metástasis. El ácido zoledrónico (Zometa) es el

primer bifosfonato recientemente aprobado para el uso de las metástasis óseas del cáncer de próstata.

- Con esteroides. Algunos estudios sugieren que los esteroides, como la prednisona y la dexametasona, pueden aliviar el dolor de huesos en algunos hombres con cáncer de próstata metastásico.
- Con radioterapia. Tanto con radioterapia externa como con radiofármacos se puede calmar el dolor óseo.

Algunos estudios han demostrado que los pacientes que reciben un buen tratamiento analgésico se sienten mejor, viven más tiempo y pueden realizar sus actividades con más normalidad.

2.5.10 OPCIONES SEGÚN ESTADO

El estado del cáncer de próstata es uno de los factores más importantes para decidir el tratamiento más idóneo. Las opciones de tratamiento están basadas en el sistema AJCC (TNM):

Estado I

Si el paciente no presenta ningún síntoma, es mayor o tiene algún problema importante de salud, mantener una conducta expectante es la mejor opción. Si el paciente es joven y presenta buen estado de salud, hay que considerar la prostatectomía radical o la radioterapia, especialmente si la puntuación Gleason o el PSA no es muy baja.

Estado II

Comparado con el estado I, los cánceres del estadio II tienen tendencia a crecer rápidamente y a extenderse fuera de la próstata y provocar síntomas. Como en el estadio I, la conducta expectante con seguimiento del PSA es a menudo una buena opción para los hombres que no

tienen síntomas, especialmente si son mayores o tienen otros problemas de salud importantes.

Las opciones terapéuticas para los hombres más jóvenes y con buena salud incluyen:

- Prostatectomía radical, a menudo extirpando los ganglios linfáticos pélvicos, algunas veces precedido por tratamiento hormonal.
- Radioterapia externa sola.
- Braquiterapia sola.
- Braquiterapia y radioterapia externa combinada (las dos formas de radioterapia pueden ir acompañadas de 3 a 6 meses de supresión androgénica).
- Criocirugía (comparada con la cirugía o con la radioterapia, la efectividad a largo plazo es mucho menos conocida).

Estado III

Las opciones de tratamiento incluyen:

- Conducta expectante para los hombres mayores en los que el cáncer no produce síntomas o que tienen problemas importantes de salud.
- Prostatectomía radical en casos seleccionados, sin conservación de las bandeletas nerviosas, a menudo con la extirpación de los ganglios linfáticos pélvicos, algunas veces precedidos por tratamiento hormonal.
- Radioterapia externa sola.
- Braquiterapia y radioterapia externa combinada.
- Tratamiento hormonal de supresión androgénica solo.
- Radioterapia más supresión androgénica (las dos formas de radioterapia pueden ir acompañadas entre 3 y 6 meses de tratamiento hormonal).

Estado IV

Las opciones de tratamiento incluyen:

- Tratamiento de supresión androgénica.
- Radioterapia externa junto con tratamiento de supresión androgénica.
- Resección transrectal para calmar síntomas como sangrado u obstrucción urinaria.
- Conducta expectante si el paciente es mayor y el cáncer no produce síntomas o el paciente presenta otros problemas más importantes de salud.
- Si los síntomas no se alivian con el tratamiento estándar y el cáncer continúa creciendo y extendiéndose, la quimioterapia puede ser una opción. El paciente puede incluirse en un ensayo clínico. El tratamiento del estadio IV incluye tratamiento paliativo para aliviar síntomas como el dolor de huesos.

2.5.10.1 RECURRENCIA

Si el cáncer recae después de la cirugía o de la radioterapia, el siguiente tratamiento dependerá de los tratamientos efectuados hasta ese momento. Si el paciente ha sido tratado con prostatectomía radical y el cáncer recidiva sólo en un área pequeña, se puede optar por la radioterapia externa. Si el tratamiento inicial fue la radioterapia y el cáncer recidiva, la prostatectomía radical puede ser una opción en casos seleccionados debido al alto riesgo de potenciales efectos secundarios, por lo que el tratamiento alternativo será la hormonoterapia de supresión androgénica.

2.5.10.2 METÁSTASIS

Si el cáncer se ha extendido a otras partes del cuerpo, el paciente debe recibir tratamiento hormonal antiandrogénico. El dolor de huesos puede ser tratado con radioterapia externa, con radiofármacos y bifosfonatos. La quimioterapia y otros tratamientos incluidos dentro de un ensayo clínico también deben tenerse en cuenta.

CAPÍTULO III

3 MARCO APLICATIVO

3.1 SISTEMAS EXPERTOS

Es una aplicación informática capaz de solucionar un conjunto de problemas que exigen un gran conocimiento sobre un determinado tema. Un sistema experto es un conjunto de programas que, sobre una base de conocimientos, posee información de uno o más expertos en un área específica. Se puede entender como una rama de la inteligencia artificial. Estos sistemas imitan las actividades de un humano para resolver problemas de distinta índole (no necesariamente tiene que ser de inteligencia artificial). También se dice que un SE se basa en el conocimiento declarativo (hechos sobre objetos, situaciones) y el conocimiento de control (información sobre el seguimiento de una acción).

Los sistemas expertos constituyen el área de la inteligencia artificial que quizá en este momento tiene más relación con el apoyo al proceso de la toma de decisiones en las organizaciones. Estos sistemas, denominados también sistemas basados en el conocimiento, permiten cargar bases de conocimientos integradas por una serie de reglas de sentido común o conocimiento heurístico; es decir, conocimiento basados u obtenidos a través de la experiencia de un especialista o experto.

Un Sistema Experto se puede definir como un sistema computacional interactivo que permite la creación de bases de conocimiento, las cuales una vez cargadas responden a preguntas, despejan dudas y sugieren cursos de acción emulando/simulando el proceso de razonamiento de un experto para resolver problemas en un área específica del conocimiento humano. De esta definición se desprenden las dos habilidades fundamentales que poseen los sistemas expertos:

- Habilidad de aprendizaje.
- Habilidad para simular el proceso de razonamiento humano.

La habilidad de aprendizaje requiere la interacción de un experto en alguna rama específica del saber y un ingeniero de conocimiento, que se encarga de traducir este conocimiento del experto a reglas heurísticas para formar la base de conocimiento.

La habilidad para imitar el razonamiento que posee el Sistemas Experto se desprende de “caminar” a lo largo de las reglas heurísticas introducidas o enseñadas al sistema por un experto, a través del proceso de aprendizaje durante la carga o generación de las bases del conocimiento.

Los sistemas expertos son una expresión de los sistemas basados en el conocimiento. Con la aplicación de técnicas de inteligencia artificial finaliza la transición del proceso de datos al procesamiento de conocimiento. [Inteligencia Artificial Elaine R., Kevin K.]

Un experto soluciona un problema utilizando una combinación de conocimientos basados en hechos y en su capacidad de razonamiento. En los sistemas expertos estos dos elementos básicos están contenidos en componentes separados, pero relacionados: Una base de conocimiento y una máquina de deducción o de inferencia la base de conocimiento proporciona hechos objetivos y reglas sobre el tema, mientras que la máquina de deducción proporciona la capacidad de razonamiento que permite al sistema experto extraer conclusiones.

La característica fundamental de un sistema experto es que separa los conocimientos almacenados (base de conocimiento) del programa que los controla (motor de inferencia).

Los datos propios de un determinado problema se almacenan en una base de datos aparte (base de hechos). Una característica adicional deseable, y a veces fundamental, es que el

sistema sea capaz de justificar su propia línea de razonamiento de forma inteligible por el usuario.

Para que un sistema experto sea herramienta efectiva, los usuarios deben interactuar de una forma fácil, reuniendo dos capacidades para poder cumplirlo:

1. Explicar sus razonamientos o base del conocimiento: los sistemas expertos se deben realizar siguiendo ciertas reglas o pasos comprensibles de manera que se pueda generar la explicación para cada una de estas reglas, que a la vez se basan en hechos.

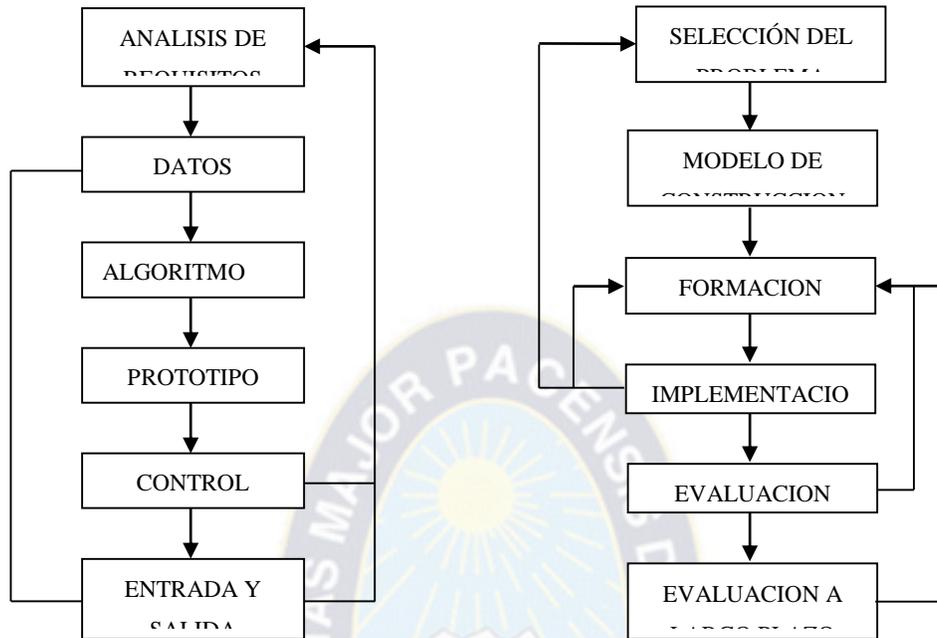
2. Adquisición de nuevos conocimientos o integrador del sistema: son mecanismos de razonamiento que sirven para modificar los conocimientos anteriores. Sobre la base de lo anterior se puede decir que los sistemas expertos son el producto de investigaciones en el campo de la inteligencia artificial ya que ésta no intenta sustituir a los expertos humanos, sino que se desea ayudarlos a realizar con más rapidez y eficacia todas las tareas que realiza.

Debido a esto en la actualidad se están mezclando diferentes técnicas o aplicaciones aprovechando las ventajas que cada una de estas ofrece para poder tener empresas más seguras. Un ejemplo de estas técnicas sería los agentes que tienen la capacidad de negociar y navegar a través de recursos en línea; y es por eso que en la actualidad juega un papel preponderante en los sistemas expertos.

3.2 COMPARACIÓN ENTRE UN SISTEMA EXPERTO Y UN SISTEMA CLÁSICO

Es evidente en que un sistema experto es diferente a un sistema clásico, describiré una comparación entre un sistema experto y uno clásico.

Figura 3.1: Ciclo de vida de un Sistema Tradicional y un Sistema Experto.



Fuente: Rolston, 1995

Filosofía de programación entre un Sistema Experto y un programa estándar en términos generales:

Un programa tradicional es: Dato + Algoritmo + Control + Entradas Salidas.

Un Sistema Experto es:

Base de hechos + Base de Conocimiento + Motor Inferencia + Entradas Salidas [Rolston, 1995]

La filosofía entre un Sistema Experto y un Sistema Clásico es diferente.

Tabla 3.1: Comparación entre sistema experto y sistema clásico

SISTEMA EXPERTO	SISTEMA CLASICO
Base de conocimiento separada del mecanismo.	Conocimiento y procesamiento combinado en un programa.

Puede contener errores.	No tiene errores.
Una parte del sistema experto forma la parte del módulo de explicación.	No da explicación, los datos solo se usan o se escriben.
Los cambios en las reglas, e interacción de estas se hacen de manera sencilla.	Los cambios son tediosos.
El sistema puede prescindir de algunas reglas y componentes.	El sistema solo opera completo.
La ejecución utiliza heurística y lógica.	Su ejecución es paso a paso.
Puede operar con información incompleta.	Necesita información completa para operar.
Represente y usa conocimientos.	Representa y usa datos.
Puede abarcar una amplia gama de dominios.	Trabajan sobre un único dominio.

Fuente: Elena A., 1989

ARQUITECTURA DEL SISTEMA EXPERTO

3.2.1 BASE DE CONOCIMIENTOS (BC)

Contiene conocimiento modelado extraído del diálogo con un experto.

- Bases de conocimiento legibles por máquinas, diseñadas para almacenar conocimiento en una forma legible por el computador, usualmente con el fin de obtener razonamiento deductivo automático aplicado a ellas. Contienen una serie de datos, usualmente en la forma de reglas que describen el conocimiento de manera lógicamente consistente. Operadores lógicos como Y (conjunción), O (disyunción), condición lógica y negación son utilizada para aumentarla desde el conocimiento atómico. En consecuencia la deducción clásica puede ser utilizada para razonar sobre el conocimiento en la base de conocimiento. Este tipo de bases de conocimiento son utilizadas por la Web semántica

- Bases de conocimiento Leíbles por Humanos están diseñadas para permitir a las personas acceder al conocimiento que ellas contienen, principalmente para propósitos de aprendizaje. Estas son comúnmente usadas para obtener y manejar conocimiento explícito de las organizaciones, incluyen artículos, White papers, manuales de usuario y otros. El principal beneficio que proveen las bases de conocimiento es proporcionar medios de descubrir soluciones a problemas ya resueltos, los cuales podrían ser aplicados como base a otros problemas dentro o fuera del mismo área de conocimiento.

3.2.2 MOTOR DE INFERENCIA

Modela el proceso de razonamiento humano.

Traduce reglas siguiendo sus propios algoritmos de búsqueda, control y resolución de conflictos. Dos métodos típicos de búsqueda (encadenamiento de reglas) son: 1) forward chaining y 2) backward chaining. De manera simplificada, el proceso inicia partiendo de los hechos del problema que se alimenta al sistema un dato, lectura, señal, imagen, etc.

Luego, la maquina intenta llegar a una conclusión valida buscando aquellas reglas que crea puedan cumplirse, mecanismo de encadenamiento. Cada vez que se cumple una regla, existe un nuevo hecho que de no ser la solución definitiva, puede usarse este “nuevo” conocimiento común un “nuevo” hecho en la base de conocimientos [Alberto Pacheco, 1999].

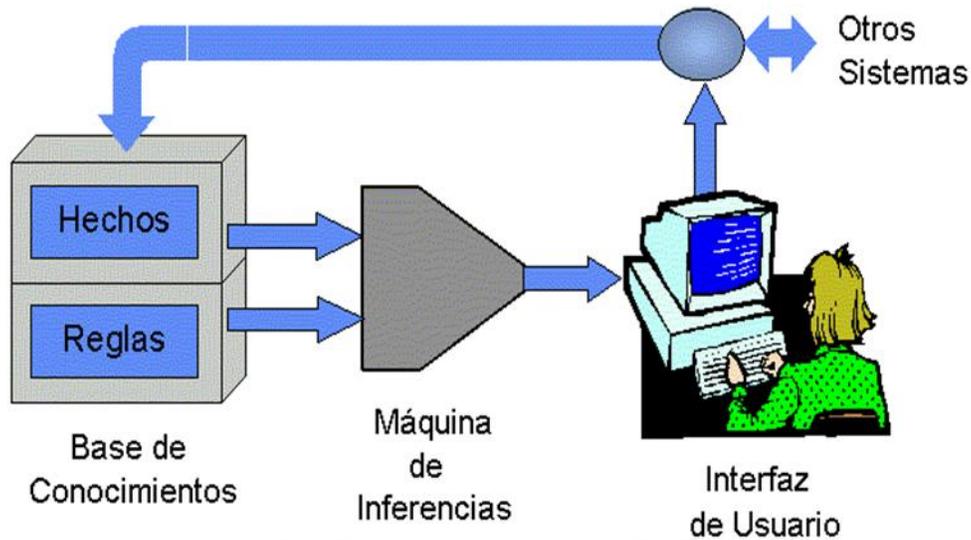
3.2.3 INTERFAZ DE USUARIO

Es la interacción entre el SE y el usuario, y se realiza mediante el lenguaje natural.

Interfaz de Usuario: Recibe y entrega información interactuando con el usuario, es decir, el usuario puede: 1) alimentar hechos, 2) proporcionar objetivos, 3) nuevas restricciones y reglas, 4) escribir programas que deban adicionarse al sistema, 5) solicitar resultados y reportes, y 6) cuestionar como se obtuvieron ciertas conclusiones. Dada la posible complejidad que puede existir entre el sistema y el usuario, se pueden tener distintos tipos de

especialistas como usuarios, tales como 1) el experto, 2) el ingeniero de conocimiento, 3) el programador, 4) el administrador del sistema, 5) los usuarios finales [Alberto Pacheco, 1999].

Figura 3.2: Arquitectura de un Sistema Experto



Fuente: Elaboración Propia

3.3 COMPONENTES DE DESARROLLO DE LOS SISTEMAS EXPERTO

Identificación de la aplicación y conceptos de la solución Para desarrollar el software primero conocemos el equipo de gente necesario, después los métodos que utiliza ese equipo de gente y por ultimo como prueban y construyen prototipos de software para determinar en el sistema final.

3.3.1 EL EQUIPO DE DESARROLLO

Las personas que componen un grupo o un equipo, como en todos los ámbitos deben cumplir unas características y cada uno de ellos dentro del equipo desarrolla un papel distinto.

A continuación detallaremos cada componente del equipo dentro del desarrollo y cuál es la función de cada uno:

A) EL EXPERTO

La función del experto es la de poner sus conocimientos especializados a disposición del sistema experto.

B) EL INGENIERO DE CONOCIMIENTO

El ingeniero que plantea las preguntas al experto, estructura sus conocimientos y los implementa en la base de conocimientos.

C) EL USUARIO

El usuario aporta sus deseos y sus ideas, determinado especialmente el escenario en el que debe aplicarse el sistema experto.

En el desarrollo del sistema experto, el ingeniero del conocimiento y el experto trabajan muy unidos. El primer paso consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema. Precisamente en la primera fase de un proyecto es de vital importancia determinar correctamente el ámbito estrechamente delimitado de trabajo.

Aquí se incluye ya el usuario posterior, o un representante del grupo de usuarios. Es de vital y suma importancia tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario.

Una vez delimitado el dominio, nos pondremos a “engrosar” nuestro sistema con los conocimientos del experto. El experto debe comprobar constantemente si su conocimiento ha sido transmitido de la forma más conveniente. El ingeniero del conocimiento es responsable de una implementación correcta, pero no de la exactitud del conocimiento.

La responsabilidad de esta exactitud recae en el experto.

3.3.2 CONSTRUCCION DE PROTOTIPOS (Rapid Prototyping)

En el desarrollo de Sistemas Expertos se nos plantea dos importantes riesgos:

- No existe implementaciones similares que puedan servir de orientación al encargado de desarrollo en la casi totalidad de los casos.
- En muchos puntos, los requisitos necesarios están esbozados con mucha poca precisión.

El diseño y la especificación requieren una temprana determinación de la interface del software y de la funcionalidad de los componentes. En el desarrollo de Sistemas Expertos deben alterarse a menudo durante y también después de su implementación ya que los requisitos se han ido configurado y han obtenido mayor precisión, o porque se ha descubierto que deben iniciarse otras vías de solución.

Durante el desarrollo, resulta más apropiado empezar con implementaciones tipo test para encontrar el camino hacia una solución definitiva y para hacerlas coincidir con las necesidades del usuario.

Un método eficiente es la implementación de un prototipo de sistema experto que permite llevar a cabo las funciones más importantes de este, aunque con su esfuerzo de desarrollo considerablemente inferior al de una implementación convencional. Este proceder se define bajo el nombre de "Rapid Prototyping". Las máquinas de inteligencia Artificial especialmente desarrollada, los lenguajes de programación de inteligencia Artificial y en determinados casos los Shell, ofrecen una considerable ayuda para el "Rapid Prototyping".

Para sistemas expertos, el "Rapid Prototyping" es el procedimiento más adecuado pues posibilita una rápida reacción a los deseos en constante cambio tanto por parte de los expertos como parte del usuario.

3.4 LÓGICA DIFUSA

La Lógica borrosa es una rama de la inteligencia artificial que se funda en el concepto "Todo es cuestión de grado", lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación

si queremos hacer cambios con esta información el funcionamiento o el estado de un sistema específico. Es entonces posible con la lógica borrosa gobernar un sistema por medio de reglas de sentido común las cuales se refieren a cantidades indefinidas.

Las reglas involucradas en un sistema borroso, puede ser aprendidas con sistemas adaptativos que aprenden al observar cómo operan las personas o dispositivos reales, o estas reglas pueden también ser formuladas por un experto humano. En general la lógica borrosa se aplica tanto a sistemas de control como para modelar cualquier sistema continuo de ingeniería, física, biológica o económica.

La lógica borrosa es entonces definida como un sistema matemático que modela funciones no lineales, que convierte unas entradas en salidas acordes con los planteamientos lógicos que usan el razonamiento aproximado.

Se fundamenta en los denominados conjuntos borrosos y un sistema de inferencia borroso basado en reglas de la forma “SI...ENTONCES...”, donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos borrosos, es así como las reglas siempre convierte un conjunto borroso en otro.

Los conjuntos difusos fueron introducidos por primera vez en 1965; la creciente disciplina de la lógica provee por sí misma un medio para acoplar estas tareas.

En cierto nivel, la lógica difusa puede ser vista como un lenguaje que permite trasladar sentencias sofisticadas en lenguaje natural a un lenguaje matemático formal. Mientras la motivación original fue ayudar a manejar aspectos imprecisos del mundo real, la práctica temprana de la lógica difusa permitió el desarrollo de aplicaciones prácticas. Aparecieron numerosas publicaciones que presentaban los fundamentos básicos con aplicaciones potenciales. Esta frase marco una fuerte necesidad de distinguir la lógica difusa de la teoría

de probabilidad. Tal como la entendemos ahora, la teoría de conjuntos difusos y la teoría de probabilidades tienen diferentes tipos de incertidumbre.

En 1994, la teoría de la lógica difusa se encontraba en la cumbre, pero esta idea no es nueva, para muchos, estuvo bajo el nombre de lógica difusa durante 25 años, pero sus orígenes se remontan hasta 2,500 años, Aun Aristóteles consideraba que existían cierto grado de veracidad y falsedad. Platón había considerado ya grados de pertenencia.

En el siglo XVIII el filósofo y obispo Anglicano Irlandés, George Berkeley y David Hume describieron que el núcleo de un conjunto atrae conceptos similares. Hume en particular, creía en la lógica de sentido común, el razonamiento basado en el conocimiento que la gente adquiere en forma ordinaria mediante vivencias en el mundo.

En Alemania, Immanuel Kant, consideraba que solo los matemáticos podían proveer definiciones claras, y muchos principios contradictorios no tenían solución. Por ejemplo La materia podía ser dividida infinitamente y al mismo tiempo no podía ser dividida infinitamente. Particularmente la escuela americana de la filosofía llamada pragmatismo fundada a principios de siglo por Charles Sanders Peirce, cuyas ideas se fundamentaron en estos conceptos, fue el primero en considerar “vaguedades”, más que falso o verdadero, como forma de acercamiento al mundo y a la forma en que la gente funciona.

La idea de que la lógica produce contradicciones fue popularizada por el filósofo y matemático británico Bertrand Russell a principios del siglo XX. Estudio las vaguedades del lenguaje, concluyendo con precisión que la vaguedad es un grado. El filósofo austriaco Ludwig Wittgenstein estudio las formas en las que una palabra puede ser empleada para muchas cosas que tiene algo en común. La primera lógica de vaguedades fue desarrollada en 1920 por el filósofo Jan Lukasiewicz, visualizo los conjuntos con un posible grado de

pertenencia con valores de 0 y 1, después los extendió a un número infinito de valores entre 0 y 1.

En los años sesentas, Lofti Zadeh invento la lógica difusa, que combina los conceptos de la lógica y de los conjuntos de Lukasiewicz mediante la definición de grados de pertenencia.

Los conjuntos clásicos se definen con los predicados “verdadero y falso”, sin embargo el razonamiento humano utiliza frecuentemente predicados que no se puede deducir el tipo de división, los cuales son denominados predicados vagos o conjuntos borrosos donde se puede tener varias respuestas como sigue:

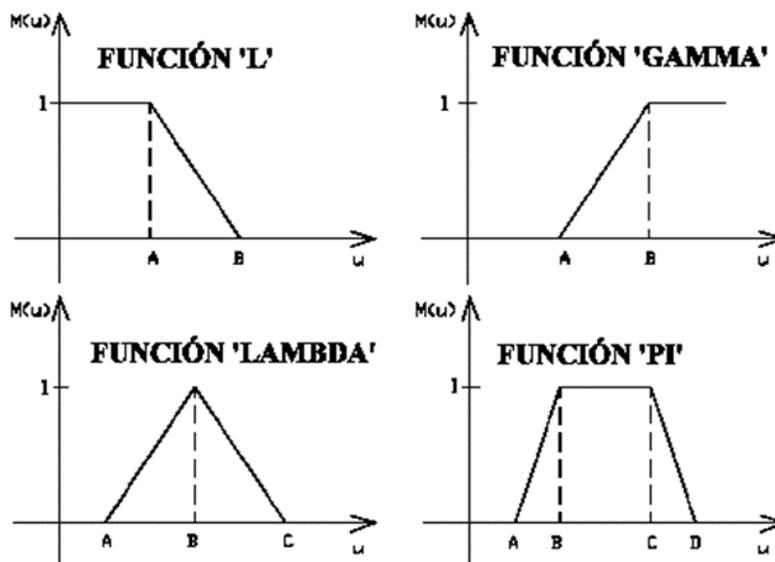
0	Falso
0.1	Prácticamente falso
0.2	Muy falso
0.3	Bastante falso
0.4	Más falso que verdadero
0.5	Tan falso como verdadero
0.6	Más Verdadero que falso
0.7	Bastante verdadero
0.8	Muy verdadero
0.9	Prácticamente verdadero
1	Verdadero

Pero la manera más apropiada de dar solución a este problema es considerar la pertenencia o no de un elemento x al conjunto la cual no es absoluta si no es gradual, donde un conjunto discreto $\{0,1\}$ y un conjunto difuso está en el intervalo cerrado $[0,1]$, teniendo la siguiente notación matemática:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in X\} \quad \mu_A: X \rightarrow [0,1]$$

Estas funciones se establecen de una manera arbitraria, siendo ese uno de los aspectos más flexibles de los conjuntos difusos, y para esto se utiliza funciones de pertenencia como:

Figura 3.3: Funciones de pertenencias usuales



Fuente: La Salle

Considerando estas funciones de pertenencia se puede realizar diversas aplicaciones, donde al comienzo es aconsejable utilizar la función L y al final la función Gamma y al medio se puede utilizar la Función Lambda y la función PI, por ejemplo si desea determinar la respuesta a una pregunta se puede tener el siguiente gráfico:

3.5 TEORIA DE CONJUNTOS DIFUSOS

Un conjunto difuso es cualquier conjunto al cual los elementos pueden llegar a pertenecer a los extremos de “miembro” o “no miembro” [Choque, 2000].

La mayoría de los fenómenos que encontramos cada día son imprecisos. Tienen implícito un cierto grado de defusidad en la descripción de su naturaleza. Esta impresión puede estar asociada con su forma, calor, textura, etc.

Es así que un mismo concepto puede tener diferentes grados de impresión en diferentes contextos o tiempos.

Existen dos tipos de conjuntos.

- **Conjunto concretos:** un conjunto concreto se define como una colección de elementos que existen dentro de un Universo, Ejemplo Si el universo consta de los números enteros no negativos menores a siete: $\{0,1,2,3,4,5,6\}$ entonces se puede definir los siguientes conjuntos $A:\{0,1,2\}$; $B:\{3,6\}$; $C:\{2,4,6\}$, en esta definición cada elemento del universo puede pertenecer a un determinado conjunto, por tanto puede definirse por una función de pertenencia, que operara sobre los elementos del universo: $A=\{x/x\leq 2,x\in Z\}$; $B=\{x/x*3,x\in Z\}$ y $C=\{x/x*2,x\in Z\}$, lo cual asigna el valor de cada elemento, pertenece al conjunto o si no pertenece. Por tanto la función de pertenencia asociada a un conjunto concreto solo puede tener valores de cero o uno (verdadero o falso), conocido como el principio del tercero exclusivo.
- **Conjunto Difuso.** Utilizando el ejemplo anterior un elemento puede pertenecer parcialmente al complemento de dicho conjunto. Las fronteras en un conjunto difuso son precisamente difusas ya que los elementos están fuera y dentro del conjunto [Rolston, 1995].

CAPÍTULO IV

4 DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

4.1 DESCRIPCION DE LOS MODELOS

Para realizar un sistema experto y representar el conocimiento en una tarea determinada se puede utilizar las siguientes herramientas para su construcción como son: los armazones (Frames) que constan básicamente de una estructura de datos y la inclusión de información declarativa y procedimental, también se tiene guiones, es una estructura utilizada para guardar prototipos de secuencia de sucesos. Se puede emplear muchos componentes diferentes para construir un guion, los más comunes son:

- Condiciones de entrada, condiciones que debe existir para el libreto que debe aplicarse.
- Resultados condiciones que será verdaderas después de ocurrir un evento en el guion.
- Utilería, son objetos involucrados en el guion.
- Escenas son acciones específicas de eventos que hacen al guion.
- Los problemas con los que después trata los Sistemas Expertos pueden clasificarse en dos tipos: esencialmente deterministas y problemas esencialmente estocásticos.

Otra manera de representar el conocimiento se tiene las reglas de producción que describen acciones y situaciones, dependiendo de ciertas condiciones, para que la reglas sea aplicable, donde en el miembro izquierdo, se describe la situación y al lado derecho describe las acciones que se van a llevar a cabo cuando se dispara la regla.

Para poder obtener más certeza de las palabras lingüísticas vagas se aplica la Lógica difusa que nos ayuda a medir en grados de pertenencia en un rango $[0,1]$.

Los problemas de tipo deterministas pueden ser formulados usando un conjunto de reglas que relaciona varios objetos bien definidos.

Los Sistemas Expertos que tratan problemas deterministas son conocidos como “sistemas basados en reglas”, por que sacan sus conclusiones basándose en un conjunto de reglas utilizando un mecanismo de razonamiento lógico.

En cuanto a la construcción de la base de conocimiento se puede hacer uso de las diferentes estructuras del conocimiento, esta estructura es muy importante por que proporcionan una forma de representar la información, sobre modelos de cosas que ocurren en el mundo real.

4.2 MÉTODO CIENTÍFICO

La metodología de investigación que se adoptó para el proceso de investigación es el método científico, utilizando dos niveles de conocimiento:

1. Primer Nivel. Se empieza con la formulación de preguntas referentes a un área o campo, a ser investigado, obteniéndose la base para formar lo que constituye el análisis de requerimientos, imprescindible para estructurar un marco ambiental de trabajo, que nos permite ubicar la manera en que se realiza el problema de la situación actual para lo cual, la técnica de observación es el desarrollo de los procesos involucrados, que da una idea de cómo operar todos los elementos intervinientes en los distintos pero interrelacionadas tareas, identificando los requerimientos que se necesitan para operar el tema de estudio.

Con estos procesos se establece las variables que van a intervenir en la búsqueda de soluciones del problema, entre estas variables se tienen a las variables independientes, que en nuestro caso será el sistema experto, esta variable serán manipulados para la investigación, de hecho son o conforman la solución a los problemas encontrados. Con esta variable se describe cómo se va alcanzar la solución, a través de que herramientas y con qué instrumentos medirlo.

2. Segundo Nivel. Es el método del conocimiento empírico que se lo obtiene a través del proceso de observación, que implica ver la forma de trabajar al experto en este caso al oncólogo, la evaluación que tiene el experto después de lo observado, es decir todo lo que considere necesario para poder realizar un diagnóstico.

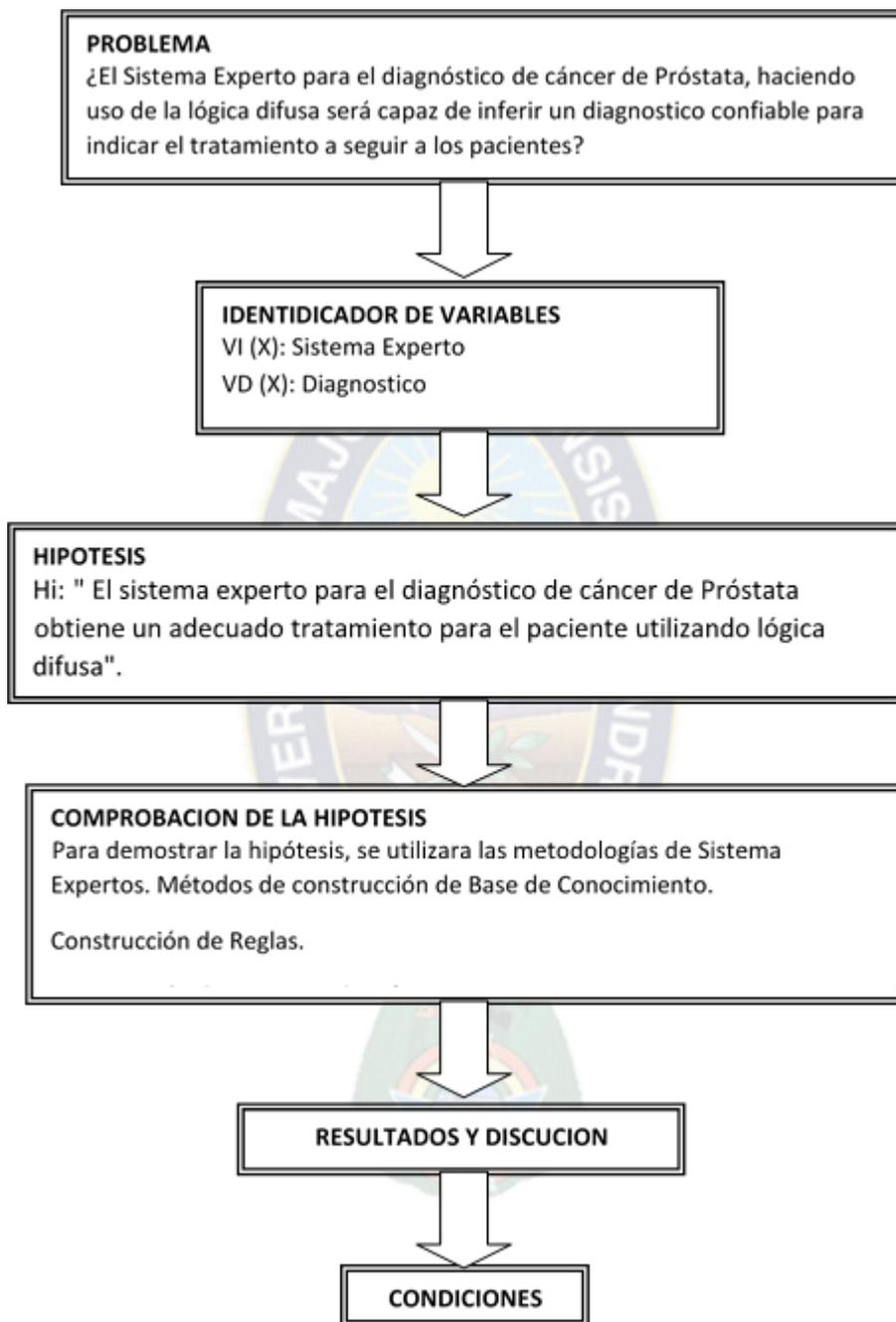
Se toma en cuenta la siguiente clasificación de acuerdo a su forma, las cuales son el método teórico, llegando a hacer estos conocimientos básicos que se tiene, el método experimental, esta es una herramienta muy importante para realizar la prueba del sistema experto, en su fase de construcción del prototipo, será muy importante la experimentación de nuestro sistema con casos reales, para así evitar todo tipo de errores, también consideramos al método inductivo, como forma de alcanzar los objetivos propuestos, este método crea leyes a partir de la observación de los hechos, generalizando el comportamiento observado.

A partir de lo anterior, servirá para poder hacer referencia a los problemas encontrados, los cuales se dividen en problemas principales y sub problemas, inmediatamente se debe proponer la definición de resultados que se desea obtener, esto se obtiene enunciando los objetivos generales y objetivos específicos que constituyen la solución a los problemas descritos anteriormente.

Todo este conocimiento adquirido en forma teórica, así como la experiencia, fenómenos de la vida real, ayudan a la aplicación de estas teorías, llegando a la práctica o experimentación, las cuales arañ factible la demostración de la hipótesis que se ha planteado, elaborando un prototipo.

La clasificación del método por su finalidad será utilizando en el presente trabajo, se describe a continuación en la siguiente figura a manera de resumen:

Figura 4.1: Esquema del método científico por su finalidad



Fuente: Lic. Luisa Velásquez

4.3 MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA EXPERTO

La construcción del sistema experto se da previa confirmación que el sistema ha de resolver el problema planteado de la mejor manera, y no existe otros métodos de resolución que sean más eficaces. Es así que el presente problema contiene ciertas características que nos permiten determinar que la solución alcanzada por el sistema es una solución fiable y aceptable.

- Cuando se detecta y se trata temprano, la tasa de curación del cáncer de próstata puede exceder en 80 por ciento.
- La extensión de la enfermedad se clasifica por etapas, es una clasificación que se realiza tras los estudios adecuados que puede definir la extensión del cáncer de próstata y por áreas vecinas o a distancia.
- El tratamiento por etapas del cáncer de próstata dependerá de la extensión de la enfermedad y del estado general de la persona afectada.
- El problema varía en un dominio concreto.

El método de construcción del sistema experto toma en cuenta las siguientes fases:

Fase1. Definición del problema a Resolver

Dado que el cáncer de próstata se desarrolla con el transcurso del tiempo, la detección de la enfermedad a menudo es posible mucho tiempo antes de que el paciente note algún síntoma. Esto permite que los médicos traten la enfermedad antes de que el cáncer se disemine a otras partes del cuerpo, planteando una amenaza más grave para la salud. Después de que el cáncer de próstata se disemine, la oportunidad de una curación puede reducirse a solo 6 por ciento, mientras que la tasa de curación puede exceder 80 por ciento cuando la enfermedad se trata en una etapa localizada.

Es la parte fundamental para desarrollar un sistema experto, esto nos encamina hacia una solución utilizando los objetivos, definir soluciones al problema de diagnóstico de cáncer del próstata, la poca disponibilidad que se cuenta con la persona adecuada, en nuestro caso con un médico urólogo que nos permita la orientación adecuada.

Fase2. Búsqueda del experto humano

El experto humano será esencial para el desarrollo del trabajo porque transmitirá sus conocimientos, la información obtenida debido a la experiencia en la consulta y tratamiento a pacientes, junto al ingeniero del conocimiento desarrollan en un sistema todos los conocimientos del experto humano.

Fase3. Diseño del Sistema Experto

El diseño del sistema experto está compuesto por el diseño de cada uno de sus componentes, la construcción de la base de conocimientos utilizando reglas de producción, el motor de inferencia que utiliza la lógica difusa para el tratamiento de la incertidumbre y la interfaz gráfica de usuario.

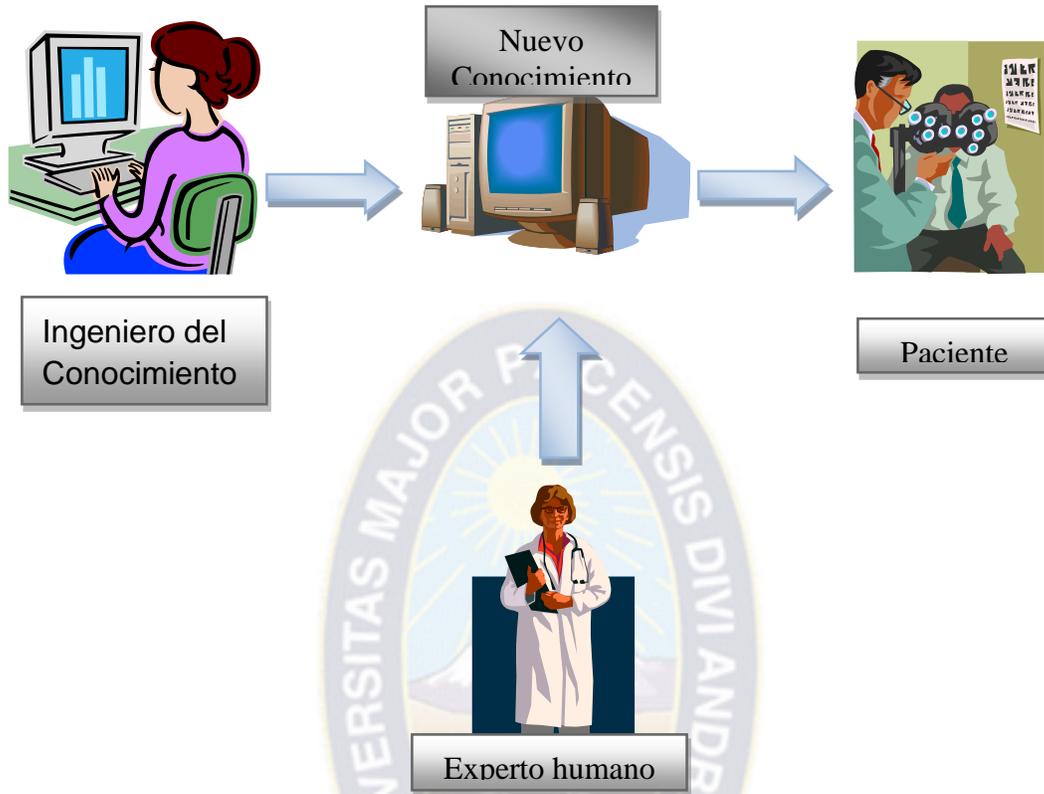
Fase4. Elección de la herramienta de desarrollo

Esta tendrá en cuenta a los lenguajes de programación lógica y el que se adecue al presente trabajo es Visual Basic 6.0, desarrollado para este tipo de tareas lógicas y adecuadas para nuestro sistema experto.

Fase5. Construcción y prueba del prototipo

Esta etapa se desarrolla utilizando la programación en Visual Basic, utilizando Frames una mejor aplicación de nuestras estrategias de solución, las pruebas estarán orientadas al manejo de los datos que se tengan del usuario, estos datos serán utilizados para que el prototipo devuelva los resultados esperados, repitiendo el proceso hasta obtener el máximo rendimiento.

Figura 4.2: Grupo que intervienen en el desarrollo del trabajo



Fuente: Elaboración Propia

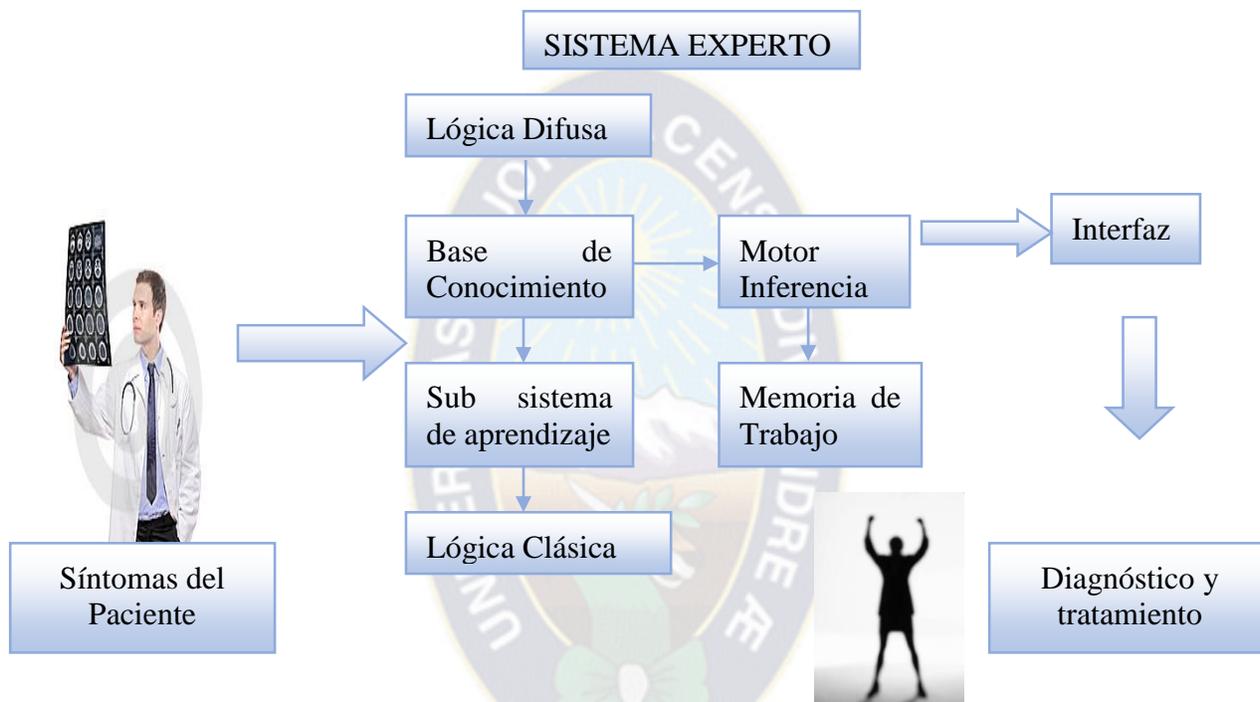
En la figura anterior, se puede notar la descripción de uno de los prototipos fundamentales de la investigación científica, el cual es producir conocimiento y teorías, este nuevo conocimiento se plasma en un sistema experto que define un diagnóstico muestra opciones de tratamiento sobre el cáncer de Próstata. Que está formado básicamente por dos tipos de conocimiento teórico y el de los hechos reales.

4.4 DESCRIPCION INFORMAL DEL MODELO

La representación del conocimiento se encuentra estructurada por un conjunto de convenciones y semánticas que permiten describir los hechos que ocurren en un proceso de

diagnóstico. Utiliza para la representación del conocimiento, técnicas básicas como la lógica de proposiciones y las reglas de inferencia para inferir las inclusiones y las técnicas de representación de la incertidumbre como la lógica difusa, dichas representaciones se estructura en forma de reglas de producción.

Figura 4.3: Estructura del sistema experto propuesto



Fuente: Elaboración Propia

Los componentes del sistema experto propuesto que se puede apreciar en la figura anterior están definidos bajo los siguientes criterios:

- Base de Conocimientos, contiene el conocimiento del dominio convenientemente formalizando y estructurado. La representación del conocimiento es sencilla y mediante reglas.

- Motor de inferencia, modulo que se encarga de las operaciones de búsqueda y selección de las reglas a utilizar en el proceso de razonamiento.
- Memoria de trabajo, también conocida como base de hechos, contiene la información que aparece in variable (hechos), los datos de entrada y conclusiones intermedias que se generan en el proceso de razonamiento.
- Interfaz de usuario, mecanismo que permite la comunicación entre el usuario y el sistema experto.
- Lógica difusa, nos permite evaluar las preguntas hechas al paciente, donde las respuestas que tienen más opciones deben estar representadas por función de pertenencia donde se evaluara las respuestas, un ejemplo como una pregunta puede ser dolor abdominal que presenta las opciones de leve, grave o severo.
- Lógica clásica, nos permite evaluar las preguntas hechas al paciente de cada síntoma, de los cuales si la respuesta es Sí o No, no necesitan funciones de pertenencia ya que utilizan la lógica clásica que es igual al verdadero o falso.

4.5 ARBOL AND/OR

Para representar el conocimiento abstracto se hará uso del árbol AND/OR, para diagnosticar la etapa en que se encuentra el cáncer y sus posibles propagaciones y de acuerdo a esto determinar un posible tratamiento. La figura 4.4 muestra el razonamiento que se debe seguir para determinar el diagnostico.

Tabla 4.1: Descripción de variables

NRO.	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	RANGO
1	CÁNCER DE PRÓSTATA	Detección y Diagnostico para el tratamiento del Cáncer de Próstata	Presenta síntomas, antecedentes hereditarios, antecedentes personales

2	ED	Edad	< a 60 años, 60 a 75 años, > a 75 años
3	SP	Sobre Peso	Leve, Grave, Extremo
4	DCG	Dieta Carnes Rojas y Grasa	Leve, Grave, Extremo
5	CAT	Consumo de Alcohol y Tabaco	Leve, Grave, Extremo
6	SO	Sangrado en la Orina	Si, No
7	EOO	Esfuerzo al Orinar o no ser capaz de Vaciar toda la Orina	Si, No
8	IGP	Inflamación en la Glándula Prostática	Si, No
9	MCP	Mutación de las Glándulas Prostáticas	Si, No
10	DLM	Demora o Lentitud para Iniciar la Micción	Si, No
11	FCP	Familiares con Cáncer de Próstata	Si, No
12	CP	Cáncer de Próstata	Si, No
13	FG	Factores Genéticos	Si, No
14	FH	Factores Hormonales	Si, No
15	FA	Factores Ambientales	Si, No
16	AI	Agentes Infecciosos	Si, No
17	RP	Revisión Patológica	Historia Clínica y Examen físico, biopsia, recuento sanguíneo y análisis químico de la sangre, marcadores tumorales, radiografía del tórax tomografía computarizada biopsia mediante aguja guiada por tomografía computarizada, tomografía por emisión de positrones angiografía.

18	GP	Grado de Propagación	Leve, Grave, Extremo
19	COP	Cáncer Oncocitoma Prostático	Si, No
20	CS	Cáncer Superficial	Inicial, Extremo
21	PCP	Propagación del cáncer a capas más profundas	Si, No
22	TT	Tamaño del Tumor	< a 3 cm., >a 3 cm ³ .
23	CGL	Cáncer en los Ganglios Linfáticos	Extendido, no Extendido
24	CPM	Cáncer de Próstata con Metátesis	Extendido, no Extendido
25	MH	Metástasis Hígado	Si, No
26	MP	Metástasis Pulmones	Si, No
27	CUL	Chorro Urinario Lento	Si, No
28	CRR	Cáncer de Próstata Recurrente	Si, No

Fuente: Elaboración Propia

➤ **DESARROLLO DE LAS REGLAS:** Se utilizan las variables que se tienen en el árbol AND/OR

R1. Si **CANCER DE PROSTATA** = "Presenta síntomas" **AND ED** = "< 50 AÑOS" **AND SP**="Leve" **AND DCG** = "Leve" **AND CAT** = "Leve" **AND SO** = "Si" **AND EOO**=" Si" **AND RP** = "evaluación" **AND GP**="Leve" **AND COR** = "Si" **AND CS** = "Cáncer inicial" **ENTONCES** Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa 0".

R2. Si **CANCER DE PROSTATA** = "Presenta síntomas" **AND ED** = "60 a 75 años" **AND SP**="Leve" **AND DCG** = "Leve" **AND CAT** = "Leve" **AND SO** = "Si" **AND**

EOO=" Si" AND RP="evaluación" AND GP="Leve" AND COR ="si" AND CS ="Cáncer Inicial" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa 0".

R3. Si CANCER DE PROSTATA = "Presenta síntomas" AND ED = "> 75 años" AND SP ="Grave" AND DCG ="Grave" AND CAT ="Leve" AND SO ="Si" AND EOO ="Si" AND RP ="evaluación" AND GP ="Leve" AND COR ="si" AND CS ="Cáncer Inicial" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa 0".

R4. Si CANCER DE PROSTATA = "Presenta síntomas" AND ED = "< 50 años" AND SP ="Grave" AND DCG ="Grave" AND CAT ="Leve" AND SO ="Si" AND EOO ="Si" AND RP ="evaluación" AND GP ="Leve" AND COR ="Si" AND CS ="Cáncer Extendido" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa I".

R5. Si CANCER DE PROSTATA= "Presenta síntomas" AND ED = "> 75 años" AND SP ="Grave" AND DCG ="Leve" AND CAT="Grave" AND SO ="Si" AND EOO=" Si" AND RP="evaluación" AND GP="Grave" AND COR ="si" AND CS ="Cáncer Extendido" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa I".

R6. Si CANCER DE PROSTATA ="Presenta síntomas" AND ED ="60 a 75 años" AND SP ="Leve" AND DCG ="Grave" AND CAT ="Leve" AND SO ="Si" AND DA="Si" AND RP="evaluación" AND GP="Grave" AND PCP ="Si" AND TT=">2 cm." AND CGL="No extendido" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa II".

R7. Si CANCER DE PROSTATA ="Presenta síntomas" AND ED = "> 75 años" AND SP="Grave" AND DCG ="Grave" AND CAT="Leve" AND SO ="Si"

**AND EOO="Si" AND RP="evaluación" AND GP="Grave" AND PCP ="Si"
AND TT=">3 cm." AND CGL="No extendido" ENTONCES Diagnostico
"Cáncer de Próstata Etapa II".**

**R8. Si CANCER DE PROSTATA ="Presenta síntomas" AND ED ="> 75 años"
AND SP ="Grave" AND DCG ="Grave" AND CAT="Grave" AND SO ="Si"
AND EOO ="Si" AND RP ="evaluación" AND GP ="Grave" AND PCP ="Si"
AND TT =">3 cm." AND CGL =" extendido" AND CRM ="no extendido a
ganglios linfáticos" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa III".**

**R9. Si CANCER DE PROSTATA ="Presenta síntomas" AND ED ="> 75 años"
AND SP ="Grave" AND DCG ="Grave" AND CAT ="Grave" AND SO ="Si"
AND EOO ="Si" AND RP ="evaluación" AND GP ="Grave" AND PCP ="Si"
AND TT =">3 cm." AND CGL =" extendido" AND CPM ="extendido a
ganglios linfáticos" AND MH ="Si" AND MP="No" AND CUL ="No" AND
CPR =" Si" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa IV".**

**R10. Si CANCER DE PROSTATA ="Presenta síntomas" AND ED ="> 75 años"
AND SP ="Grave" AND DCG ="Grave" AND CAT ="Grave" AND SO ="Si"
AND EOO ="Si" AND RP="evaluación" AND GP="extremo" AND PCP ="Si"
AND TT=">2 cm." AND CGL =" extendido" AND CPM ="extendido a
ganglios linfáticos" AND MH ="Si" AND MP ="No" AND CUL ="No" AND
CPR =" Si" ENTONCES Diagnostico "Cáncer de Próstata Etapa IV".**

**R11. Si CANCER DE PROSTATA ="Antecedentes Hereditarios" AND CP
="tiene" AND RP ="Análisis" AND GP ="leve" AND COR ="Si" AND CS
="Cáncer Inicial" ENTONCES "Cáncer de Próstata Etapa 0".**

- R12. Si **CANCER DE PROSTATA**="Antecedentes Hereditarios" **AND**
CLH="tiene" **AND RP**="Análisis" **AND GP**="leve" **AND COR**="Si **AND CS**
="Cáncer Inicial" **ENTONCES** "Cáncer de Próstata Etapa 0".
- R13. Si **CANCER DE PROSTATA** ="Antecedentes Hereditarios" **AND OH**
="tiene" **AND RP**="Análisis" **AND GP**="leve" **AND COR**="Si" **AND**
CS="Cáncer Extendido" **ENTONCES** "Cáncer de Próstata Etapa 1".
- R14. Si **CANCER DE RIÑON** ="Antecedentes Hereditarios" **AND OH**="tiene"
AND RP="Análisis" **AND GP**="Extremo" **AND PCP**="Si" **AND TT**=">3 cm."
AND CGL="no extendido" **ENTONCES** "Cáncer de Colon etapa II".
- R15. Si **CANCER DE PROSTATA** ="Antecedentes Hereditarios" **AND FC**
="tiene" **AND RP**="Análisis" **AND GP**="Extremo" **AND PCP**="si" **AND TT**=">3cm."
AND CGL="extendido" **AND CPM**="No extendido a ganglios
linfáticos" **ENTONCES** "Cáncer de Próstata Etapa III".
- R16. Si **CANCER DE PROSTATA** ="Antecedentes Hereditarios" **AND FC**
="tiene" **AND RP**="Análisis" **AND GP**="Extremo" **AND PCP**="si" **AND TT**=">3cm."
AND CGL="extendido" **AND CPM**="extendido a ganglios linfáticos"
AND MH="Si" **AND MP**="Si" **AND OBV**="Si" **AND CRR**="no"
ENTONCES "Cáncer de Próstata Etapa IV".
- R17. Si **CANCER DE PROSTATA**="Antecedentes Personales" **AND**
CP="Reaparece" **AND RP**="Análisis" **AND GP**="Leve" **AND COR**="Si" **AND**
CS="Cáncer Inicial" **ENTONCES** "Cáncer de Próstata etapa 0".
- R18. Si **CANCER DE PROSTATA**="Antecedentes Personales" **AND**
PG="probabilidad de tener" **AND RP**="Análisis" **AND GP**="leve" **AND COR**
="Si" **AND CS**="Cáncer extendido" **ENTONCES** "Cáncer de Próstata Etapa I".

R19. Si **CANCER DE RIÑÓN**=”Antecedentes Personales” **AND AI**=”probabilidad de tener” **AND RP**=”Análisis” **AND GP**=”grave” **AND PCP**=”si” **AND TT**=”>3 cm.” **AND CGL**=”no extendido” **ENTONCES** “Cáncer de Riñón Etapa II”.

R20. Si **CANCER DE PROSTATA** =”Antecedentes Personales” **AND ET** =”tiene” **AND RP** =”Análisis” **AND GP**=”extremo” **AND PCP**=”si” **AND TT**=”>3 cm.” **AND CGL** =” extendido” **ENTONCES** “Cáncer de Próstata Etapa III”.

R21. Si **CANCER DE PROSTATA**=”Antecedentes Personales” **AND CP** =”reaparece” **AND RP** =”Análisis” **AND GP** =”extremo” **AND PCP** =”Si” **AND TT**=”>3 cm.” **AND CGL**=”extendido” **AND CPM** =”extendido a ganglios linfáticos” **AND MH**=”Si” **AND MP**=”si” **AND CUL**=”no” **AND CPR**=”si” **AND ENTONCES** “Cáncer de Próstata etapa IV”.

R22. Si **CANCER DE PROSTATA** =”Antecedentes Personales” **AND FH** =”se tiene” **AND RP**=”Análisis” **AND GP**=”extremo” **AND PCP**=”Si” **AND TT**=”>3 cm.” **AND CGL**=”extendido” **AND CPM** =”extendido a ganglios linfáticos” **AND MH**=”Si” **AND MP**=”si” **AND CUL**=”no” **AND CPR**=”si” **ENTONCES** “Cáncer de Próstata etapa IV”.

- **BASE DE CONOCIMIENTO**

La base de conocimiento, contiene todos los hechos, las reglas del dominio de aplicación que son importantes para la solución del problema, en esta parte tendremos de manera informal los relatos de síntomas como también su historia clínica como hereditaria de una persona que tiene cáncer de Riñón.

- **HECHOS**

Son conformadas por las sentencias más simples que muestra una relación entre objetos y a través de esta relación se puede llegar a describir sus cualidades particulares. Cuando se obtiene los relatos se puede comenzar a determinar los hechos, del proceso de la siguiente manera:

- ❖ El grado de evolución de cáncer de próstata
- ❖ Antecedentes de ciertas condiciones hereditarias de cáncer de próstata
- ❖ Análisis preventivo a personas que tienen factores de riesgo de contraer cáncer de próstata
- ❖ Antecedentes personales que pueda tener la persona sobre otros tipos de enfermedades que coadyuven a desarrollar cáncer de próstata
- ❖ Síntomas típicos que puede presentar la persona para que se desarrolle el cáncer de próstata

- **LAS REGLAS**

Una vez realizados los procesos anteriormente mencionados, como ser la clasificación de la característica de los procedimientos alrededor de un objeto y las relaciones entre los objetos con las técnicas de programación, estos objetos hacen las reglas de nuestra base de conocimiento, presentándose de la siguiente manera.

SI premisa **ENTONCES** conclusión y/o acción

Con las premisas se piden vínculos lógicos que hagan referencia a los objetos.

- **MOTOR INFERENCIA**

El diseño del motor de inferencia consiste en la selección de los operadores matemáticos que debe emplear para los distintos cálculos internos y establecer el conjunto de inferencia. El sistema recibe varias entradas numéricas y entrega varias salidas numéricas. El bloque difusor se encarga de convertir las entradas en conjuntos difusos, que son entregados al bloque motor de inferencia este bloque apoyado en un conjunto de reglas, produce varios conjuntos difusos para que el bloque congresor los tome y los convierta en salidas numéricas concretas. Cada una de las variables de entrada y de salida tiene una representación dentro

del sistema de lógica difusa en forma de variables lingüísticas. Una variable lingüística tiene otras cosas, una colección de atributos que pueden adquirir las variables, y cada uno está representado por un conjunto difuso.

En este proceso extraemos las conclusiones de la base de conocimiento, según un método de solución de problema que emite el procedimiento, según un método (experto), para solucionar problemas, la conclusión a la que se llega se produce mediante la aplicación de las reglas sobre el hecho, cuando se aplica una regla sobre algunos hechos en la base de conocimiento este proceso será como sigue:

REGLA 1:

Se presenta con sobre peso grave y tiene una dieta abundante de carnes rojas y grasa, también consume alcohol y tabaco en forma moderada, tiene dolor abdominal y presenta sangre en la orina ENTONCES podría tener Cáncer de próstata.

REGLA 2:

Tiene 52 años tiene frecuente dolor y sangrado en la orina, se acaba de hacer un examen de y le tuvieron que quitar los quistes ENTONCES podría tener Cáncer de Próstata.

REGLA 3:

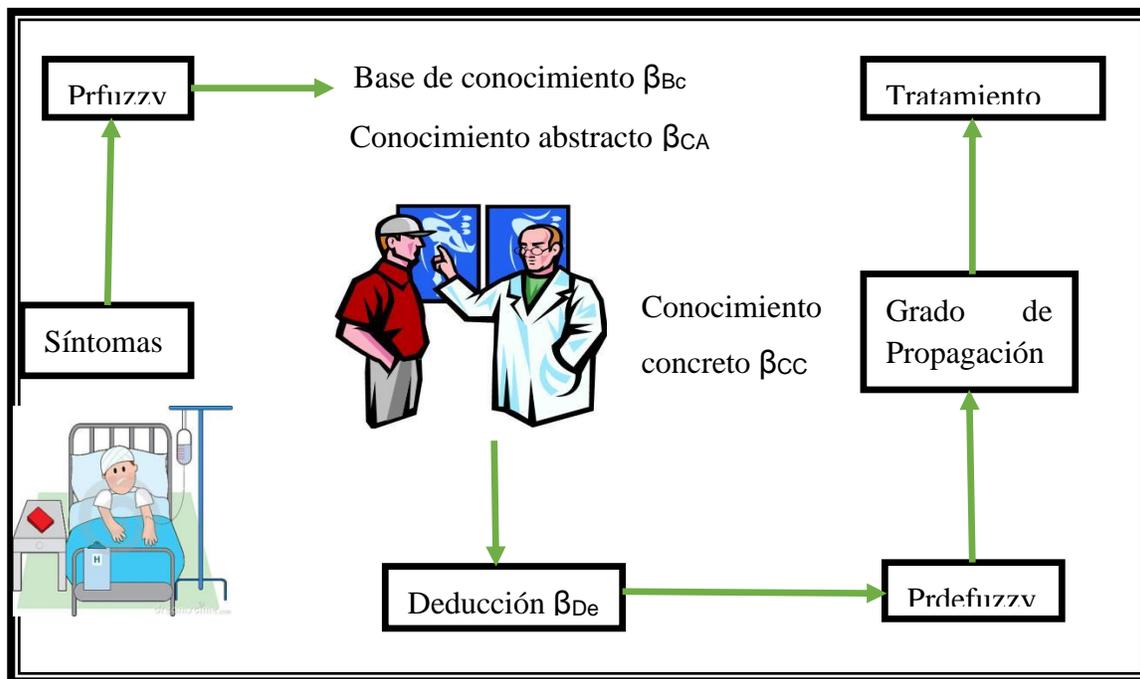
Está enfermo desde los 18 años y tiene 45 años su padre murió de cáncer de próstata y cuando va al servicio tiene sangrado en la orina ENTONCES Podría padecer cáncer de próstata.

4.6 INTERACCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA EXPERTO PROPUESTO

Se introducen al sistema síntomas del paciente en el momento de la consulta, a continuación se identifican las variables lingüísticas y sus términos asociados, en los síntomas se muestran la inexactitud, son fuzzificados mediante Prfuzzy, seguidamente de acuerdo a los síntomas se realiza el proceso de inferencia en la base de conocimiento(β BC).

La selección del conocimiento abstracto (β_{CA}) que se identifica con el conocimiento concreto del paciente. Para luego aplicar las reglas de inferencia y de obtener una deducción (β_{DE}), el resultado de la inferencia es defuzzificado mediante Prdefuzzy, para luego emitir el grado de riesgo que existe.

Figura 4.4: Interacción entre componentes



Fuente: Elaboración propia

4.7 DESCRIPCION FORMAL DEL MODELO

En el modelo formal se muestra los procedimientos de inferencia que se realiza sobre los elementos del modelo informal. En esta descripción se harán uso de los siguientes conjuntos:

- Un conjunto de Síntomas = $\{S1, S2, S3, S4, S5, S6, \dots, SN\}$ grupo de síntomas necesarios para un diagnostico Diagnostico= $\{D1, D2, D3, D4, D5, \dots\}$ que será el diagnostico final.

El modelo formal del sistema será el siguiente:

Si F es el modelo formal entonces se tiene $F(\text{síntomas}) = \text{Diagnostico}$

$F(\text{síntomas}) = \Phi(\varphi(\text{síntomas}))$

Donde la función $\varphi(\text{síntomas})$ está dado por lo siguiente:

$\Phi(\text{síntomas}) = \text{mínimo}((\mu\text{TO}))$

El mínimo (μTO) es el resultado de aplicar las propiedades de la lógica difusa con la cual se obtiene el óptimo de los valores para encontrar un buen diagnóstico, generalmente se utiliza la conjunción en la lógica difusa la cual se decide por el valor mínimo.

Donde Φ : síntoma mínimo (μTO) esta función realiza los siguientes pasos:

- Fuzzificación de los síntomas de entrada (síntomas) entonces se tiene la función de pertenencia de estos síntomas (μTO_i), es decir,

$\text{Prfuzzy}(\text{síntomas}) \rightarrow (\mu\text{TO}_i)$

- Luego se realiza el proceso de inferencia con los síntomas de entrada y se hará una selección de reglas que sean aplicables a las entradas

$\text{Pro inferencia}(\mu\text{TO}_i) \rightarrow \beta\text{BC}(\mu\text{TO}_i)$

$\beta\text{BC}(\mu\text{TO}_i) \rightarrow \beta\text{CA}(\mu\text{TO}_i) \wedge \beta\text{CC}(\mu\text{TO}_i)$

$\beta\text{BC}(\mu\text{TO}_i) \wedge \beta\text{CC}(\mu\text{TO}_i) \rightarrow \beta\text{DE}(\mu\text{diagnostico})$

- $\mu\text{diagnostico}$ es el valor de pertenencia del resultado de la inferencia, este valor según su grado será el tipo de cáncer que se tiene y así obtener el tratamiento o tratamientos adecuados para la etapa en que se encuentra el cáncer. Una vez obtenidos estos valores se aplica la defuzzificación.

La función de salida Φ se describe como sigue,

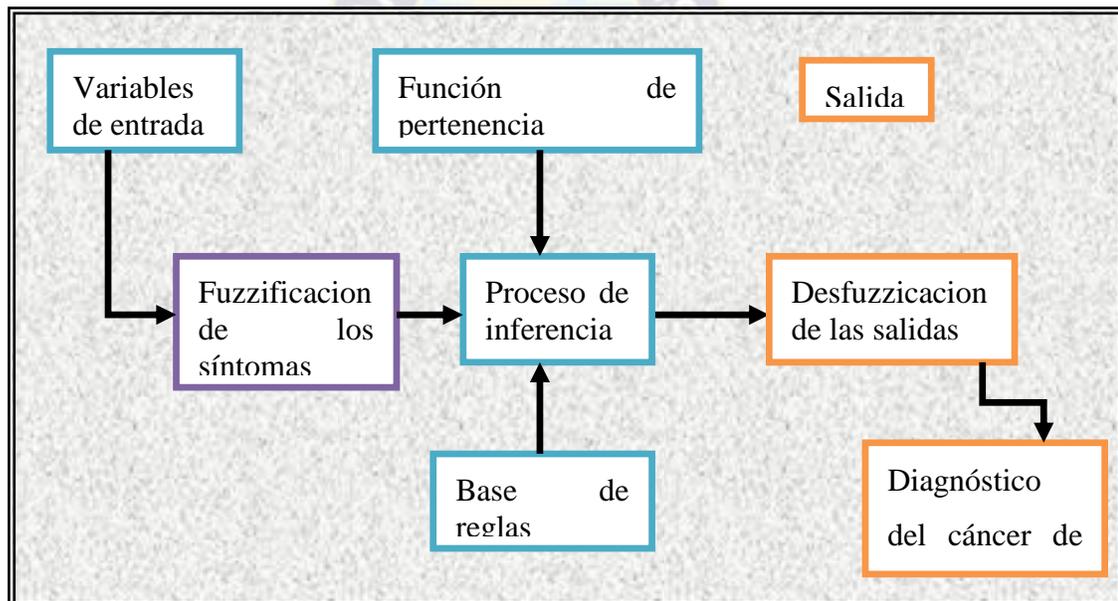
Φ : Mínimo (μ_{TOi}) \rightarrow DIAGNOSTICO

Donde Φ : Mínimo (μ_{TOi}) \rightarrow prdefuzzy (μ_{TOi}) \rightarrow DIAGNOSTICO

Esta función sigue los siguientes pasos:

- Se tiene el valor resultante de la inferencia Mínimo (μ_{TOi}) a este valor se debe aplicar la función de defuzzificación Prdefuzzy(Mínimo (μ_{TOi})) para obtener el diagnostico final (Diagnostico)

Figura 4.5: Funcionamiento del modelo planteado



Fuente: Elaboración Propia

Para la realización de la Desfuzzificación se utilizó el Método de singleton, que consiste en calcular un promedio de los centroides de la función de pertenencia de los conjuntos de salida activados. Su fórmula está dada por:

$$X = \frac{CNada * \mu Nada(x) + CLeve(x) \mu Leve(x) + CGrave(x) \mu Grave(x) + CExtremo * \mu Extremo(x)}{\mu Nada(x) + \mu Leve(x) + \mu Grave(x) + \mu Extremo(x)}$$

4.8 APLICACIÓN DE REGLAS INFERENCIALES

Para ejemplificar a través de reglas de inferencia, se formalizara el conocimiento haciendo uso de la lógica proposicional y de esta forma mostrar cómo se puede inferir en base a cierto conocimiento y se mostrara alguna de sus reglas.

Caso 1:

P1: Tengo sobre peso y sangrado en la orina entonces podría padecer de Cáncer del Próstata.

P2: toda persona puede tener cáncer de Próstata si tiene los síntomas de sangrado en la orina, dietas extremas de consumo de carnes rojas y grasas.

P3: tengo inflamación en la próstata y tengo 63 años.

P4: presento cambio en la vejiga sin causa justificada y sangrado en la orina, también tiene sobre peso.

Formalizando:

p: sobre peso

q: sangre en la orina

s: cáncer de próstata

r: dieta de carnes rojas y grasas

t: inflamación en la próstata

v: edad

w: habito vejiga

P1: $p \wedge q \rightarrow s$

P2: $s \rightarrow q \wedge r$

P3: $t \wedge v$	
<u>P4: $w \wedge q \wedge p$</u>	
P5: $q \wedge p$	P4 conjunción
P6: $p \wedge q$	P6 conjunción
P7: s	(P1, P6) MPP
P8: $p \wedge q \rightarrow q \wedge r$	(P1, P2) SH
P9: $q \wedge r$	(P8, P6) MPP
P10: $t \wedge v \wedge q \wedge r \wedge s$	(P3, P7, P9) conjunción

Caso 2:

P1: tengo con frecuencia sangrado al orinar, tengo 45 años y tengo antecedentes familiares que tuvieron o tienen cáncer de Próstata, el doctor me dijo que posiblemente tenga cáncer de Próstata.

P2: soy un hombre de 32 años, mi padre tiene cáncer de próstata, yo padezco de cáncer de riñón, tengo molestias de sangrado al orinar y dolor en la parte de la Próstata entonces podría padecer cáncer de Próstata.

P3: soy enfermo de los riñones tengo 18 años entonces podría tener cáncer de próstata.

P4: tengo mi padre operado de tumor en la próstata y los tres hermanos con inflamación de próstata.

P5: toda persona puedes tener cáncer de Próstata.

Formalizando

p: sangrado al orinar

q: edad

r: antecedentes familiares con cáncer de Próstata

s: cáncer de próstata

t: cáncer de riñón

v: dolor en la parte de la próstata

x: enfermedad de riñones

P1: $p \wedge q \wedge r \rightarrow s$

P2: $q \wedge r \wedge t \wedge p \wedge v \rightarrow s$

P3: $x \wedge q \rightarrow s$

P4: r

P5: s

P6: $x \wedge q$ (P3, P5) MTT

P7: $q \wedge r \wedge t \wedge p \wedge v$ (P2, P5) MTT

P8: $p \wedge q \wedge r$ (P1, P5) MTT

P9: $q \wedge r \wedge t \wedge p \wedge v$ (P4, P7) conjunción

P10: $x \wedge q \wedge p \wedge v$ (P6, P8) conjunción

P11: $p \wedge q \wedge r \wedge t \wedge v \wedge x$ (P9, P10) conjunción

Caso 3:

P1: tiene sangrado al orinar y no tiene sobre peso y consume alcohol

P2: presenta inflamación en la próstata más de 10 años diagnosticado entonces puede tener cáncer de próstata.

P3: se tiene antecedentes de cáncer de próstata e historia familiar de cáncer de Próstata entonces se puede desarrollar cáncer de Próstata.

P4: tengo cáncer de Próstata por lo tanto tengo sangrado en la orina.

Formalización:

p: sangre en la orina

q: sobre peso

r : consumo de alcohol

t: inflamación en la próstata

s: cáncer de Riñón

o: cáncer de Próstata

P1: $p \wedge \neg q \wedge r$

P2: p

P3: $o \wedge w \rightarrow s$

P4: $s \rightarrow p$

P5: $p \wedge \neg q$

P1 conjunción

P6: p

P2 conjunción

P7: $t \rightarrow p$

(P2, P4) SH

P8: $o \wedge w \rightarrow p$

(P3, P4) SH

P9: t

(P7, P6) MTT

P10: $o \wedge w$

(P6, P8) MTT

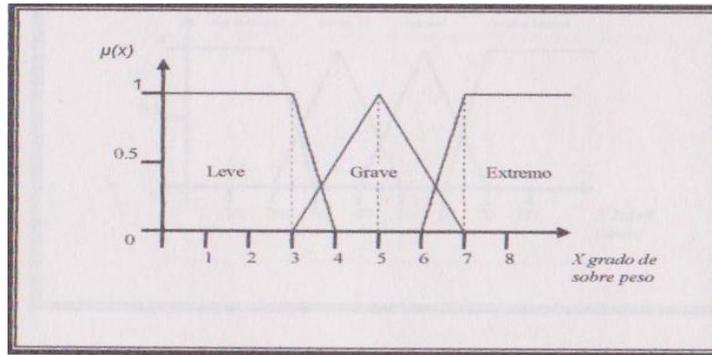
P11: $t \wedge o \wedge w$

(P9, P10) con junción

4.9 FUZZIFICACION DE VARIABLES

Dentro de los síntomas que el paciente menciona se considera imprecisos el sobre peso, dieta de carnes y grasas, consumo de alcohol y tabaco, grado de propagación donde se catalogan como leve, grave y extremo. De estas expresiones con el juicio, la intuición, experiencia y con la ayuda del especialista se puede sacar las etiquetas para los conjuntos difusos con los que se trabajan, en este caso tenemos como etiqueta de las funciones de pertenencia a leve, grave y extremo, además estos conjuntos tendrán una ponderación en base a grados de tal manera que las funciones de pertenencia son:

- **Sobre peso**



$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 3 \\ (4 - X) & \text{si } 3 < X < 4 \\ 0 & \text{si } X \geq 4 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } x = 5 \\ (X - 3) / 2 & \text{si } 3 < X < 5 \\ (7 - X) / 2 & \text{si } 5 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 3 \text{ OR } X \geq 7 \end{cases}$$

$$\text{Extremo}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 7 \\ (X - 6) & \text{si } 6 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 6 \end{cases}$$

Las mismas funciones de pertenencia de sobre peso son utilizadas para los síntomas Dieta de carnes y grasas, consumo alcohol y tabaco.

- **Edad del Paciente**

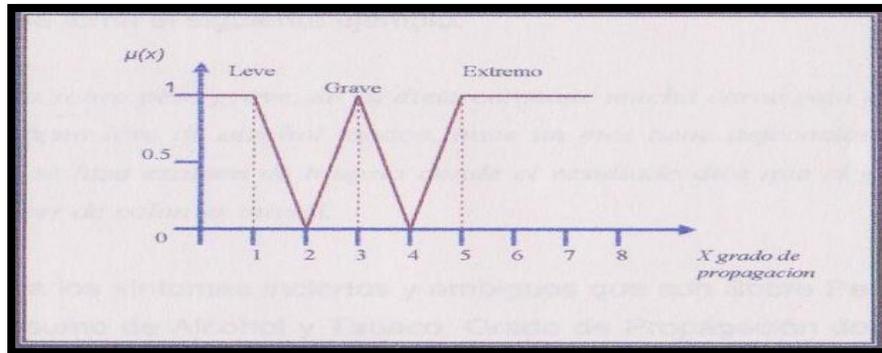
$$\text{Adolecente (X) = } \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 20 \\ (30 - X) & \text{si } 20 < X < 30 \\ 0 & \text{si } X \geq 30 \end{cases}$$

$$\text{Joven (X) = } \begin{cases} 2 & \text{si } x = 30,5 \\ (X - 20) / 10,5 & \text{si } 20 < X < 30,5 \\ (50 - X) / 10,5 & \text{si } 30,5 < X < 50 \\ 0 & \text{si } X \leq 20 \text{ OR } X \geq 70 \end{cases}$$

$$\text{Adulto (X) = } \begin{cases} 1 & \text{si } X = 50,5 \\ (X - 40) / 10,5 & \text{si } 40 < X < 50,5 \\ (70 - X) / 10,5 & \text{si } 50,5 < X < 70 \\ 0 & \text{si } X \leq 40 \text{ OR } X \geq 70 \end{cases}$$

$$\text{Adulto Mayor (X) = } \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 70 \\ (X - 60) / 10 & \text{si } 60 < X < 70 \\ 0 & \text{si } X \leq 60 \end{cases}$$

- **Grado de Propagación**



$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 1 \\ (2 - X) & \text{si } 1 < X < 2 \\ 0 & \text{si } X \geq 2 \end{cases}$$

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } x = 3 \\ (X - 2) & \text{si } 2 < X < 3 \\ (4 - X) & \text{si } 3 < X < 4 \\ 0 & \text{si } X \leq 2 \text{ OR } X \geq 4 \end{cases}$$

$$\text{Extremo}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \geq 5 \\ (X - 4) & \text{si } 4 < X < 5 \\ 0 & \text{si } X \leq 4 \end{cases}$$

4.10 DESFUZZIFICACION DE LAS VARIABLES

Al obtener el valor de entrada se evalúa en las funciones de pertenencia de los diferentes conjuntos difusos, siempre se debe de tomar el mínimo valor entre dos conjuntos difusos para luego aplicar el método Singleton (Semifallo) para la defuzzificación de variables (Prdefuzzy).

Para explicar más detalladamente, la fuzzificación de los términos que presenta ambigüedad se toma el siguiente ejemplo:

Presenta sobre peso grave, en su dieta consume mucha carne roja y grasa, también tiene un consumo leve de alcohol tabaco, hace un mes tiene sangrado al orinar, acompañado con dolores en la parte del riñón se hizo examen de biopsia donde el resultado dice que el grado de propagación del cáncer de riñón es inicial.

Se toma los síntomas inciertos y ambiguos que son sobre peso, dieta de carnes y grasas, consumo de alcohol y tabaco, grado de propagación donde estos síntomas son tratados con lógica difusa.

- **Sobre peso**

Tomamos un valor de 5,5 para el sobre peso que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } x = 5 \\ (X - 2) & \text{si } 3 < X < 5 \\ (4 - X) & \text{si } 5 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 3 \text{ OR } X \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Grave}}(5,5) = (7 - 5,5) / 2 = 0.75$$

- **Dieta de carnes y grasas**

Tomamos un valor de 5,5 para dieta de carnes y grasas que está dentro del rango de pertenencia de conjunto difuso.

$$\text{Grave}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } x = 5 \\ (X - 3) / 2 & \text{si } 3 < X < 5 \\ (7 - X) / 2 & \text{si } 5 < X < 7 \\ 0 & \text{si } X \leq 3 \text{ OR } X \geq 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Grave}}(5,5) = (7 - 5,5) / 2 = 0.75$$

- **Consumo de Alcohol y Tabaco**

Tomamos un valor de 3,5 para consumo de alcohol y tabaco que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 3 \\ (4 - X) & \text{si } 3 < X < 4 \\ 0 & \text{si } X \geq 4 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Leve}}(3,5) = 4 - 3,5 = 0.50$$

- **Grado de Propagación**

Tomando un valor de 1,5 para grado de propagación que está dentro del rango de pertenencia del conjunto difuso.

$$\text{Leve}(X) = \begin{cases} 1 & \text{si } X \leq 1 \\ (2 - X) & \text{si } 1 < X < 2 \\ 0 & \text{si } X \geq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Leve}}(1,5) = 2 - 1,5 = 0.50$$

Para realizar la defuzzificación usamos el método de singleton y reemplazamos valores como se muestra a continuación.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{X} = & \frac{S_{\text{sobre peso}} * \mu_{\text{sobre peso}}(\mathbf{X}) + C_{\text{dieta de carnes y grasas}} * \mu_{\text{dieta de carnes y}}}{\mu_{\text{sobre peso}}(\mathbf{X}) + \mu_{\text{dieta de carnes y}}} + \\
 & \frac{C_{\text{consumo de alcohol y tabaco}} * \mu_{\text{consumo de alcohol y tabaco}}(\mathbf{X}) + C_{\text{grado de propagación}} * \mu_{\text{grado de}}}{\mu_{\text{consumo de alcohol y tabaco}}(\mathbf{X}) + \mu_{\text{grado de}}}
 \end{aligned}$$

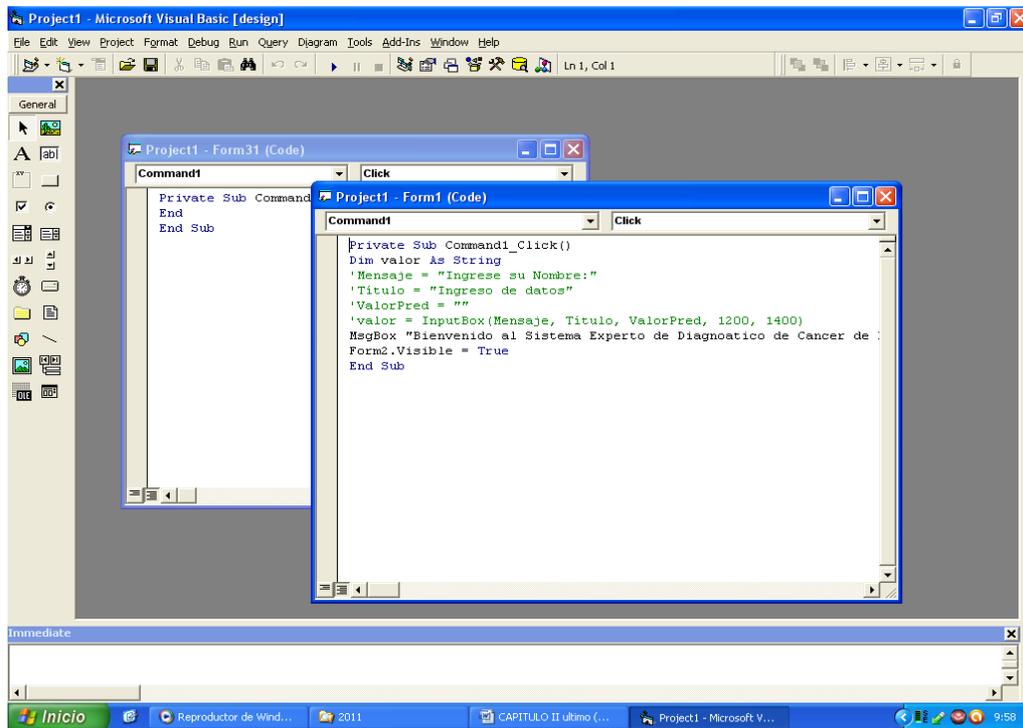
Por lo tanto podemos concluir que el grado de certeza es de 4 que diagnostica cáncer de riñón Etapa 0 lo cual corrobora con el diagnóstico del médico.

4.11 PROTOTIPO

Para realizar la demostración del modelo del Sistema Experto "S.E.D.C.P" se ha elaborado un prototipo, fue desarrollado en el programa Visual Basic, el cual nos ayudara en la elaboración del modelo planteado, este prototipo permitirá dar un diagnóstico de cada persona en base a la información proporcionada por las personas que lo utilicen, para que funcione adecuadamente se espera que las personas al ingresar las respuestas sea lo más sincera posible, porque caso contrario el prototipo puede dar un diagnóstico erróneo.

Básicamente está conformada por dos componentes, secciones y parámetros que trabajan conjuntamente. En las secciones se van definiendo las reglas y los parámetros nos permitirán realizar consultas al sistema experto.

Figura 4.6: Entorno de desarrollo del Sistema Experto “S.E.P.D.C.P”



Fuente: Elaboración Propia

4.12 PRESENTACION DEL SISTEMA EXPERTO

A continuación se presenta la pantalla principal de ejecución del prototipo del sistema Experto "S.E.D.C.P”.

Figura 4.7: Pantalla principal del prototipo



Fuente: Elaboración propia

En las siguientes figuras el prototipo del sistema experto realiza determinadas preguntas al paciente para evaluar y determinar el tratamiento tentativo a seguir por el paciente que padece de cáncer de próstata.

Se toma como demostración el relato siguiente que dice, Presenta sobre peso grave, en su dieta consume mucha carne roja y grasa, también tiene un consumo leve de alcohol tabaco, hace un mes tiene sangrado en el acto de micción, dolor en la parte de la pelvis, se hizo examen de biopsia donde el resultado dice que el grado de propagación del cáncer es inicial.

Figura 4.8: Mensaje de bienvenida al sistema experto de Diagnostico del Cáncer de Próstata



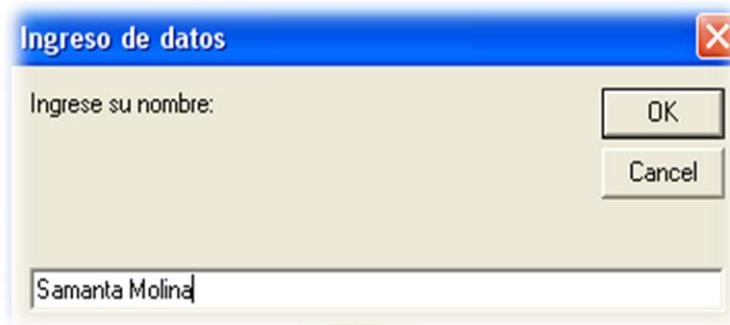
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.9: Pregunta ¿Desea Realizar la Consulta si usted tiene cáncer de Próstata?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10: Mensaje Ingrese su Nombre.



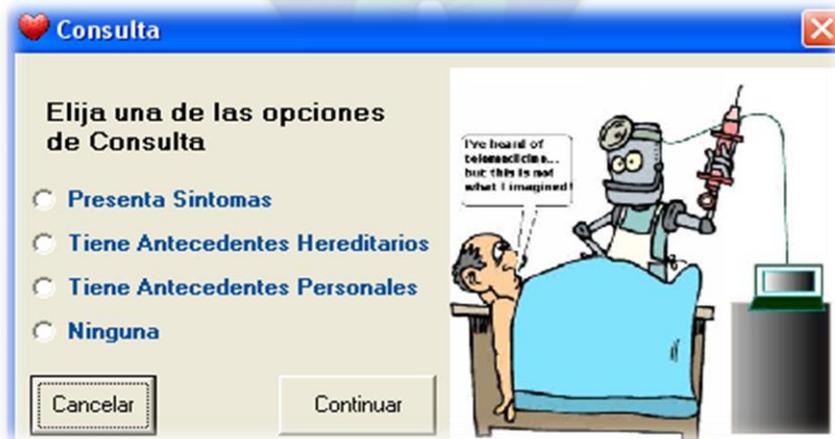
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.11 Mensaje de Bienvenida



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.12: Elija una de las opciones de Consulta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.13: Pregunta ¿Cuál es tu edad?

S.E.D.C.R.V.1.0

SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DEL CANCER DE PROSTATA

Consulta

¿Cual es su edad?

Selecciones

- Edad menor a 60 años
- Edad comprendida entre 60 a 7
- Tiene Edad Mayor a 75 años

Salir Continuar

INGRESE POR FAVOR

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.14: Pregunta ¿Cuál es tu peso corporal?

S.E.D.C.R.V.1.0

SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO DEL CANCER DE PROSTATA

Consulta

Cual es su peso Corporal?

Consulta

- Leve
- Grave
- Extrema

Salir Continuar

INGRESE POR FAVOR

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.15: Pregunta ¿Qué nivel de consumo de carnes rojas y grasas tiene?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.16: Pregunta ¿Su consumo de Alcohol y tabaco tiene un nivel?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.17: Pregunta ¿Tiene usted sangrado en la orina?



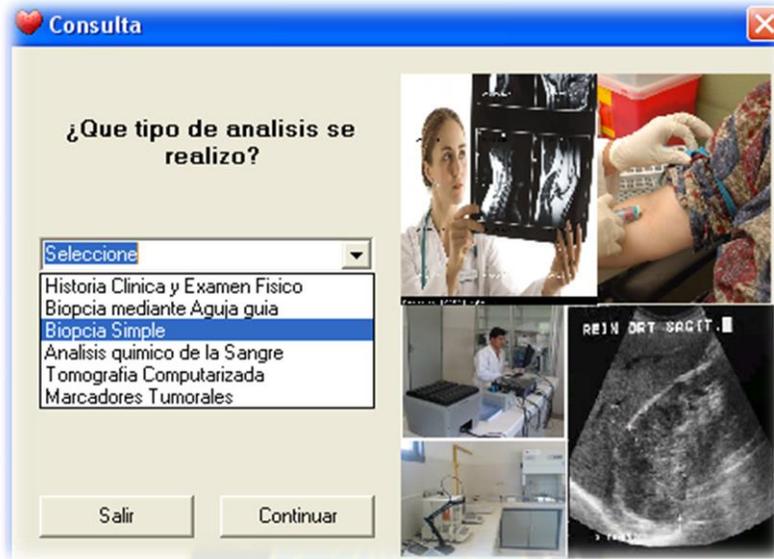
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.18: Pregunta ¿Tiene usted Dolor en la parte de la pelvis?



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.19: Pregunta ¿Qué tipo de Análisis se Realizó?



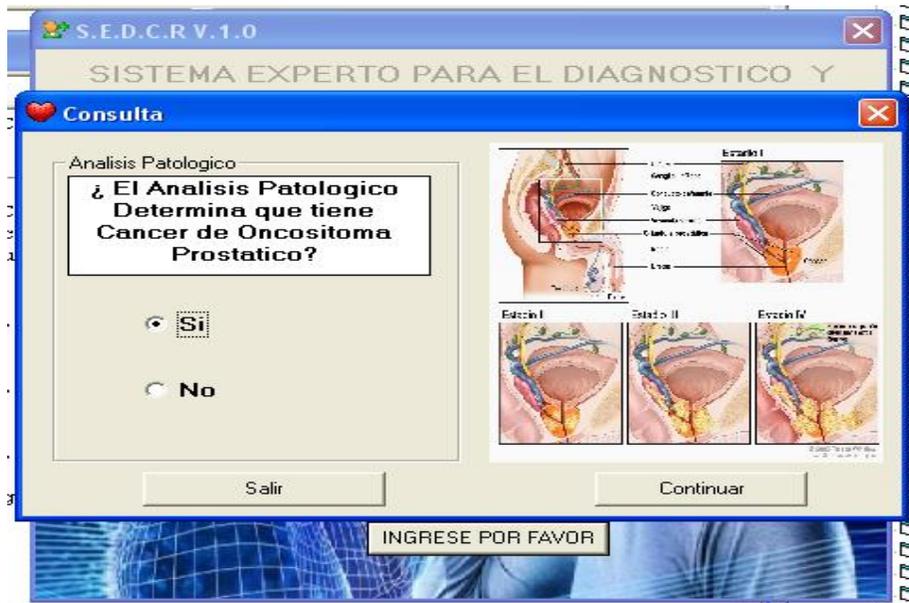
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.20: Pregunta ¿Después de los análisis de revisión, cual es el grado de propagación?



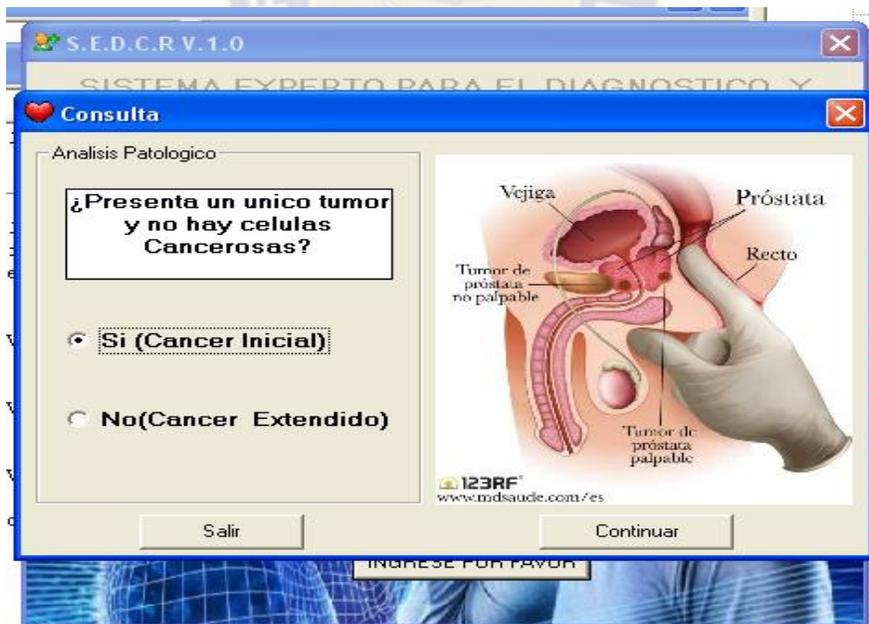
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.21: Pregunta ¿El análisis determina que tiene cáncer de Oncocitoma prostático?



Fuente: Elaboración propia

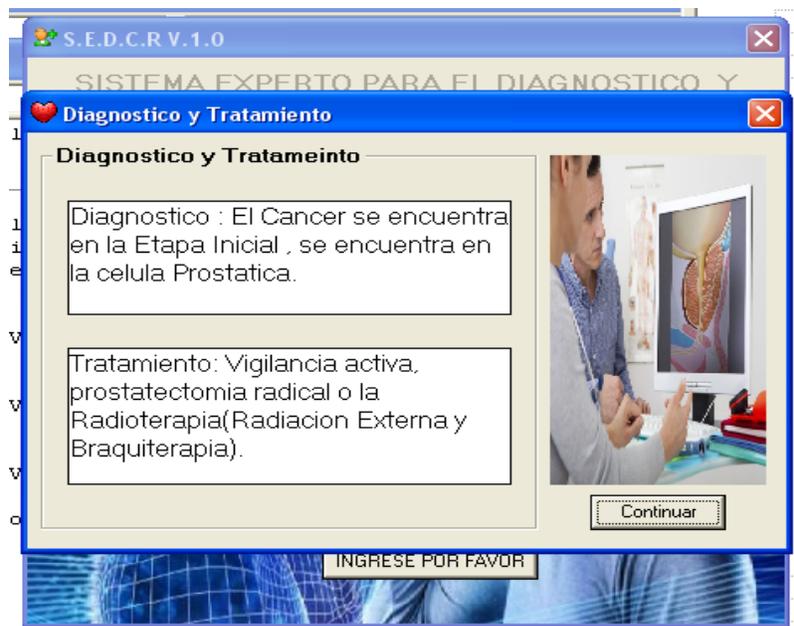
Figura 4.22: Pregunta ¿Presenta un único tumor y no existe células cancerosas?



Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra el diagnóstico y tratamiento sugerido que presenta el prototipo después de procesar las preguntas que fueron respondidas por el usuario según a los síntomas que presenta el paciente, el resultado del prototipo determino que el paciente tiene Cáncer del Riñón Etapa 0.

Figura 4.23: Pregunta ¿Diagnóstico y tratamiento que se sugiere?



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.24: Mensaje llenando datos complementarios



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el momento de probar el Sistema Experto “S.E.D.C.P”, se tiene algunos resultados no muy alentadores, pero a medida que el sistema Experto es más utilizado es más confiable entre algunos usuarios que lo utilizaron, es más confiable y seguro.

La lógica difusa fue una gran herramienta a medida que se utilizaba para las diferentes consultas que realizaba cada paciente, los resultados obtenidos con el Experto Humano (Dr. Reynaldo) son tomados en cuenta para realizar la comparación con el Sistema Experto ”S.E.D.C.P.” (Diagnostico real y el diagnostico con el modelo), en el momento en que un paciente realiza la consulta se tomaba en cuenta los síntomas que presentaba.

Se realizó una comparación del tiempo que tarda el médico (experto humano) en el momento de realizar la consulta y dar el diagnostico al paciente (persona), este proceso es llamado comparación de consulta en tiempo real, en este caso el Sistema Experto “S.E.D.C.P.” con el experto humano, los resultados obtenidos serán un parámetro para que los resultados, sean los esperados y cumplir con los objetivos trazados en el Capítulo I.

5.1 ANALISIS DE RESULTADOS

Se hizo la prueba correspondiente con 10 pacientes que presentaron síntomas característicos de la enfermedad que fueron procesadas por el sistema experto “S.E.D.C.P.” fue un total de 5 historias coincidentes con el diagnóstico del especialista, mientras que en 3 casos el diagnóstico fue erróneo y en 2 casos no pudo establecer diagnostico alguno. Se debe hacer notar que en algunas historias clínicas los datos tomados del paciente eran muy pobres, pese a eso la Base de conocimiento pudo establecer un diagnóstico acertado del paciente.

Tabla 5.1: Diagnostico Experto Humano vs. Sistema Experto

NRO.	DIAGNOSTICO DEL MEDICO UROLOGO	DIAGNOSTICO INFERIDO POR SISTEMA EXPERTO
1	<p>Paciente que se presenta a horas 10:00 a.m. tiene sobre peso exagerado y tiene una dieta abundante de carnes rojas y grasa, también consume alcohol y tabaco de forma moderada, presenta dolor en la parte de la próstata y sangrado en el acto de micción.</p> <p>Dx. Cáncer de próstata Etapa I.</p>	<p>Presento sobre peso grave, dieta carnes rojas leve, dieta grasas leve, consumo de alcohol, tabaco dolor en la arte del riñón y sangrado al orinar.</p> <p>Dx. Cáncer de próstata Etapa I.</p>
2	<p>Está enfermo desde los 18 años y tiene 45 años y su padre murió de un cáncer de próstata y cuando va al servicio tiene sangrado al orinar.</p> <p>Dx. Cáncer de próstata Etapa III.</p>	<p>Presenta antecedentes personales positiva historia familiar positiva, sangre en la orina.</p> <p>Dx. Cáncer de Próstata Etapa III.</p>
3	<p>Presenta sobre peso leve, en su dieta consume mucha carne roja y grasa, también tiene un consumo leve de alcohol y tabaco, dolor en la parte de la próstata, hace un mes tiene sangrado al orinar, se hizo examen de biopsia donde el resultado dice que el grado de</p>	<p>Presento sobre peso leve, dieta carnes rojas y grasas leve, consumo de alcohol y tabaco leve, dolor en los costados y sangre en la orina.</p> <p>Dx. Cáncer de próstata Etapa 0.</p>

	propagación del cáncer de próstata es inicial. Dx. Cáncer de próstata Etapa 0.	
4	Tiene 52 años tiene frecuente sangrado en la orina durante 1 semana, se acabó de hacer un tratamiento. Dx. Cáncer de próstata Etapa I.	Presento sangrado en la orina, inflamación en la próstata con cáncer inicial. Dx. Cáncer de próstata Etapa I.

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos anteriormente, permiten comparar los diagnósticos realizados por el Experto Humano (Dr. Jorge Flores), como la realizada por nuestro sistema experto, esta comparación la realizamos utilizando el índice de precisión.

Tomaremos en cuenta la cantidad de consultas realizadas en un mes por el Dr. Reynaldo de todas las consultas realizadas, para así poder obtener el grado IP para el Médico y nuestro sistema experto, entonces tendremos los siguientes índices:

Índice de precisión del Experto Humano (IPD)

$$IDP = \frac{NP}{NC} * 100 \text{ Entonces se tendrá } IDP = \frac{7}{10} * 100 = 70\%$$

Índice de precisión del Sistema Experto (IPS)

$$IDS = \frac{NP}{NC} * 100 \text{ Entonces se tendrá } IDS = \frac{6}{10} * 100 = 60\%$$

Comprando los dos resultados, tanto del sistema experto, como del experto humano vemos que un determinado tiempo, el sistema experto se aproxima al experto por lo cual podemos

decir que el sistema experto cumple con lo propuesto en nuestro trabajo, realizando una consulta lo más satisfactorio posible para un paciente.

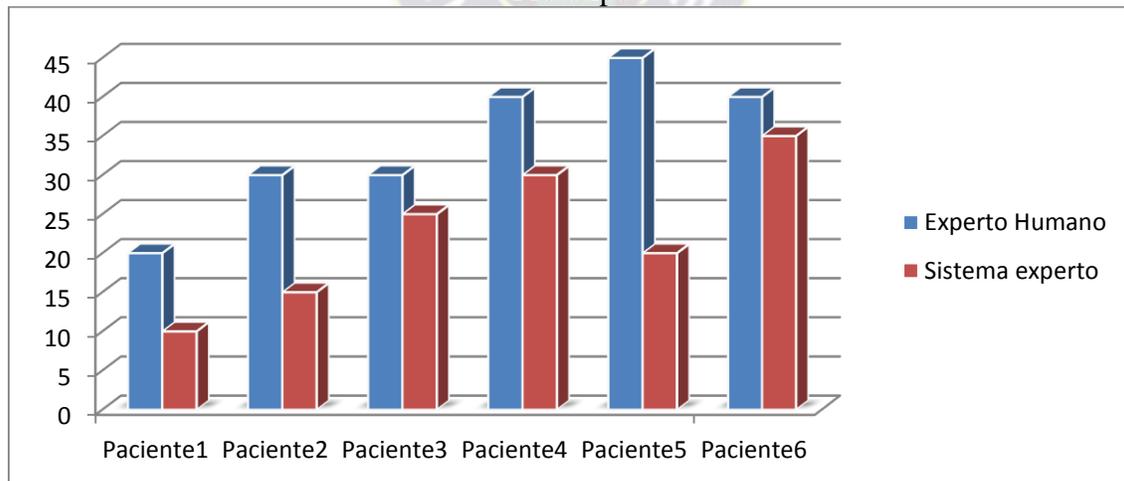
La siguiente tabla muestra cual es el tiempo de atención realizado por el **médico especialista (experto humano)** a los pacientes, esta tabla nos permite cuantificar el tiempo de atención de un determinado paciente realizado por el experto y el **sistema experto (prototipo)**.

Tabla 5.2: Cantidad de pacientes atendidos en un determinado tiempo por el Experto y el Prototipo

	Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3	Paciente 4	Paciente 5	Paciente 6
Experto Humano	20 min.	30 min.	30 min.	40 min.	45 min.	40 min.
Sistema experto	10 min.	15 min.	25 min.	30 min.	20 min.	35 min.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.1: Cantidad de pacientes atendidos en un determinado tiempo por el Experto y el Prototipo



Fuente: Elaboración Propia

Ahora veremos el comportamiento del tiempo de consulta que realiza un paciente cuando es atendido por el Médico y por el Prototipo, para este fin se utiliza la función exponencial.

- Caso 1, cuando el experto humano atiende: sea el tiempo en horas de que un paciente P_i sea atendido por un Médico D_i , supóngase que el tiempo que necesita un Médico D_i , para atender a un paciente tiene una distribución exponencial con una media de 40 minutos, entonces podemos calcular los siguientes sucesos:

¿Cuál sería la posibilidad que el tiempo necesario para atender a un paciente dado, que sea mayor a 2 horas?

¿Cuál sería la probabilidad que el tiempo necesario para atender a un paciente dado, que sea mayor a 1 hora o menor 2 horas?

Sea la función exponencial:

$$\text{Sea } f(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & \text{si } x > 0 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Sea X (horas de atención) la variable aleatoria definida por:

$X(w) =$ intervalo de tiempo necesario para atender a un paciente: $\mu = \frac{1}{\lambda}$

Sea 40 minutos convertimos en horas tendremos $\frac{40}{60} = \frac{2}{3}$ horas

Entonces tenemos:

$$\mu = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \frac{2}{3} = \frac{1}{\lambda}$$

Tendremos $\lambda = \frac{3}{2}$ hrs.

Por lo tanto, la función de distribución es:

$$\text{sea } f(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{3}{2}x} & x > 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

Luego la:

$$P[X > 3] = 1 - P[X \leq 3] = 1 - [1 - e^{-1.5 \cdot 2}] = e^{-3} = 0.050$$

Por lo tanto la solución 1 es:

$$P[X > 3] = 0.050$$

Aplicando para el otro caso se tendrá que:

$$P[X < 2] = F(2) - F(1) = 1 - 1 - e^{-\frac{3}{2} \cdot 2} - 1 - e^{-\frac{3}{2} \cdot 1} = e^{-3/2} - e^{-3} = 0.223 - 0.050 = 0.011$$

Por lo tanto la solución es: $P[1 < X < 2] = 0.011$

- Caso 2, cuando el sistema experto atiende a una persona: Sea el tiempo medio en horas de que un paciente P_i , para atender a un paciente tiene una distribución exponencial con una media de 40 minutos, entonces podemos calcular lo siguiente: ¿Cuál sería la probabilidad que el tiempo necesario para atender a un paciente dado, que sea menor a 2 horas?

Sea X horas de atención) la variable aleatoria definida por:

X (w)=intervalos de tiempo necesario para atender a un paciente: $\mu = \frac{1}{\lambda}$

Sea 40 minutos convertimos en horas tendremos $\frac{40}{60} = \frac{2}{3} \text{ horas}$

Tendremos $\lambda = \frac{3}{2} \text{ hrs.}$

Por lo tanto, la función de distribución es:

$$\text{sea } F(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{3}{2} \cdot x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$$

La solución 3 es:

$$P[x < 2] = \left[1 - e^{-\frac{3}{2} \cdot 2} \right] = [1 - e^{-3}] = 1 - 0.050 = 0.95$$

Podemos decir que el prototipo tiene mayor posibilidad de atender a un paciente en un menor tiempo posible, y no así el experto humano que tiene una menor probabilidad.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

El sistema Experto desarrollado mejora el diagnóstico y ayuda al tratamiento en la especialidad de Urología desarrollando lo siguientes:

- La Base de Conocimiento adquirida permite que el sistema sea confiable y abarca un 60% del conocimiento del experto ya que el área de estudio es muy amplia y compleja, además se debe notar que el sistema experto dará un diagnóstico a priori con errores mínimos ya que en algunos casos no se pueden determinar el diagnóstico completo si no se cuenta con el apoyo de análisis complementarios.
- Para determinar de manera mejor los síntomas ambiguos del paciente se utilizó una de las herramientas que nos ofrece la inteligencia artificial que es la lógica difusa, que ayuda a evaluar los síntomas difusos que el paciente presenta y por ende dar un grado de certeza, de esta manera se apoya el Motor de Inferencia y se corrobora el diagnóstico del sistema experto.
- El diagnóstico se realiza con rapidez y confiabilidad, siempre que los datos aportados por el paciente en la consulta con el médico sean confiables y suficientes.
- Se desarrolló un prototipo desarrollado en Visual Basic denominado “S.E.D.C.P”, con el cual se hizo las pruebas y la validación del modelo del sistema experto.

Para realización del sistema experto se consideró como población de estudio a pacientes de diferentes edades que acudieron a la consulta.

6.2 RECOMENDACIONES

Se consideró solo 10 casos de estudio, se recomienda considerar más casos, con el fin de garantizar la confiabilidad del sistema experto.

Considerar otras variables de entrada, adicionales a las tomas en cuenta para el estudio por ejemplo considerar síntomas relacionados al dolor, hinchazón, y presión alta.

Se podría ampliar la respuesta del sistema experto, considerando también el tratamiento como ser en la dosificación de fármacos y el tiempo de suministro o el tiempo de radioterapia que requiere el paciente.



BIBLIOGRAFÍA

American Cancer Society: Detailed Guide: prostate cancer. Disponible en línea,

Aumüller, G. Prostate Gland and Seminal Vesicles. Berlín-Heidelberg: Springer, 1979.

Caballero Romeu JP, Palacios Ramos J, Pereira Arias JG, Gamarra Quintanilla M, Astobieta Odriozola A, Ibarluzea González G. "Prostatectomía radical: comparación de los resultados obtenidos durante las curvas de aprendizaje de la técnica laparoscópica pura y de la técnica asistida por robot con la prostatectomía radical retropúbica" *Actas Urol Esp.* 2008; 32(10):968-975.

Hilera G., Jr., y Martínez, V 1995: *Redes Neuronales Artificiales*”, Fundamentos, Modelos y Aplicaciones, 390 Págs., Addison – Wesley Iberoamericana, México.

Leitzmann MF, Platz EA, Stampfer MJ, Willett WC, Giovannucci E. "Ejaculation frequency and subsequent risk of prostate cancer." *Journal JAMA*, 2004, páginas 1578-86, Vol. 291 PMID 15069045.

Mercado, S.H., 1998: “Como Hacer Una Tesis”, ED McGraw Hill, Edo. De México, 501 Págs.

Miller, DC, Hafez, KS, Stewart, A, et al. "Prostate carcinoma presentation, diagnosis, and staging: an update form the National Cancer Data Base." *Cancer* 2003; 98:1169. PMID 12973840.

Moore, K., Dalley, A. *Clinically Oriented Anatomy*. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 1999.

"Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets." *Journal Am Diet Assoc.* 2003. Páginas 748-65, Vol. 103 PMID 12778049.

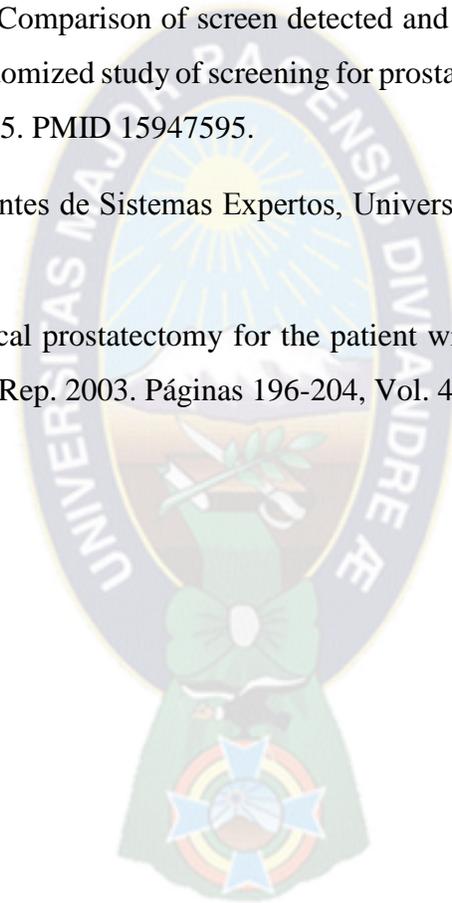
Ross RK, Shimizu H, Paganini-Hill A, Honda G, Henderson BE. "Case-control studies of prostate cancer in blacks and whites in southern California." *Journal Natl Cancer Inst.* 1987. Páginas 869-74, Vol.78 PMID 3471995.

Steive, H. "Männliche Genitalorgane." En: *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.* Vol. VII Parte 2, pp. 1-399. Berlín: Springer, 1930.

Van der Crujisen-Koeter IW, Vis AN, Roobol MJ, Wildhagen MF, de Koning HJ, van der Kwast TH, Schroder FH. "Comparison of screen detected and clinically diagnosed prostate cancer in the European randomized study of screening for prostate cancer, section rotterdam." *Urol.* 2005 jul; 174(1):121-5. PMID 15947595.

Velásquez, L., 2009: "Apuntes de Sistemas Expertos, Universidad Mayor de San Andrés", La Paz – Bolivia.

Ward JF, Zincke H. "Radical prostatectomy for the patient with locally advanced prostate cancer." *Journal Curr Urol Rep.* 2003. Páginas 196-204, Vol. 4 PMID 12756082.



GLOSARIO MÉDICO

A

Abdomen. El área del cuerpo que contiene el páncreas, el estómago, los intestinos, el hígado, el riñón, la vesícula biliar y otros órganos.

Adenoma. Un tumor no canceroso.

B

Benigno. No canceroso los tumores benignos no se diseminan a otros tejidos de su alrededor o a otras partes del cuerpo.

Biopsia. La extracción de células o Tejidos para ser examinados al microscopio. Cuando se extrae una muestra de tejido, el procedimiento se llama biopsia incisional. Cuando se toma una muestra de tejido o fluido con una fina.

Braquiterapia. Involucra la colocación de un material radioactivo directamente dentro o cerca del tumor.

C

Cáncer. Un término para enfermedades en las que las células anormales se dividen sin control. Las células cancerosas pueden invadir tejidos cercanos y pueden diseminarse a otras partes del cuerpo por medio del torrente sanguíneo y del sistema linfático.

Cáncer de próstata. Es una enfermedad en la que se forman células malignas (cancerosas) en los tejidos de la próstata.

Cáncer recurrente. Cáncer que ha regresado después de un periodo de tiempo durante el cual no podía ser detectado. El cáncer puede regresar al mismo sitio del tumor original (primario) o a otro lugar del cuerpo.

Carcinoma In situ. Cáncer que comprende solo las células en donde empezó y que no se ha diseminado a tejidos cercanos.

Célula. La unidad individual de la que se componen todos los tejidos del cuerpo. Todos los seres vivos se componen de una célula o más.

Cirugía. Un procedimiento para remover o reparar una parte del cuerpo o para investigar si esta presenta alguna enfermedad, una operación.

Cirujano. Un médico que extirpa o repara una parte del cuerpo al operar en el paciente.

E

Ecografía. Proceso de obtener imágenes de estructuras profundas del cuerpo midiendo y registrando el reflejo de ondas sonoras de alta frecuencia continuas o intermitentes.

Efectos secundarios. Problemas que ocurren cuando el tratamiento afecta tejidos u órganos además de los que se están tratando. Algunos efectos secundarios comunes del tratamiento del cáncer son fatiga, dolor, náuseas, vómitos, recuentos más bajos de células de la sangre, pérdida de pelo y llagas en la boca.

Escaneo de tomografía computarizada. Una serie de imágenes detalladas de áreas internas del cuerpo que se toman de diversos ángulos; las imágenes son creadas por una computadora conectada a una máquina de rayos x. también se llama tomografía computarizada tomografía axial computarizada (TC, TAR).

Estadificación. Llevar a cabo exámenes y pruebas para determinar la extensión del cáncer en el cuerpo, especialmente si a la enfermedad se ha diseminado desde el sitio original a otras partes del cuerpo. Es importante conocer el estadio o etapa de la enfermedad para planear el mejor tratamiento.

Estudio clínico. Un tipo de estudio de investigación con voluntarios para probar nuevos métodos de exámenes selectivos de detección, de prevención, diagnóstico o tratamiento de una enfermedad. El estudio puede llevarse a cabo en una clínica o en otro establecimiento médico.

F

Factor de riesgo. Cualquier cosa que aumenta la posibilidad de una persona de desarrollar una enfermedad. Algunos ejemplos de factor de riesgo de cáncer incluyen los antecedentes

familiares de cáncer, el uso de productos de tabaco, ciertos alimentos, la exposición a la radioterapia o a agentes que causa el cáncer y ciertos cambios genéticos.

G

Ganglio linfático. Una masa redondeada de tejido linfático que esta rodea por una capsula de tejido conectivo. Los ganglios linfáticos filtran la linfa(fluido linfático) y almacenan linfocitos(células blancas de la sangre). Están situados a lo largo de los vasos linfáticos. También se laman glándulas linfáticas,

H

Hígado. Un órgano grande que se localiza en el abdomen superior. El hígado limpia la sangre y ayuda en la digestión al secretar la bilis.

I

Incisión. Un corte hecho en el cuerpo para llevar a cabo la cirugía.

M

Maligno. Canceroso los tumores malignos pueden invadir y destruir tejidos cercanos y diseminarse a otras partes del cuerpo.

Médico Oncólogo. Un médico que se especializa en diagnosticar y tratar el cáncer usando quimioterapia, terapia hormonal y terapia biológica. El médico oncólogo es con frecuencia el primer proveedor de cuidados para la salud para una persona con cáncer.

Medico urólogo. Médico encargada del estudio del aparato urinario en todos sus aspectos y, en el sexo masculino, junto con el aparato genital.

Metástasis. La diseminación del cáncer de una parte del cuerpo a otra. El tumor que se forma de células que se han diseminado se llama “tumor metastastico” o “metástasis”. El tumor metastastico contiene células que son como las del tumor original (primario).

O

Oncólogo radiólogo Un médico especializado en usar radiación para tratar el cáncer.

Órgano. Una parte del cuerpo que lleva a cabo una función específica.

P

Patólogo. Un médico que identifica enfermedades mediante el estudio de células y tejidos al microscopio.

Polipectomía. Cirugía para extirpar un pólipo.

Pólipo. Una hinchazón que sobresale en una membrana mucosa.

Pólipos adenomatoso familiar. Un estado hereditario en el que muchos pólipos (crecimientos que se levantan de las membranas mucosas) se forman en las paredes del riñón. El riesgo de cáncer de riñón es mayor cuando se presenta este estado. También se llama poliposis familiar.

Pruebas genéticas. Análisis de ADN para buscar alteraciones genéticas que pueden indicar un riesgo mayor de que se presente una enfermedad o trastorno específicos.

Q

Quimioterapia. Tratamiento con fármacos anticancerosos.

Rayos x. un tipo de radiación de alta energía en dosis bajas los rayos x se usan para diagnosticar enfermedades al producir imágenes del interior del cuerpo en dosis elevadas los rayos x se usan para tratar el cáncer.

Recurrencia. Es el regreso del cáncer al mismo sitio del tumor original (primario) o a otro lugar después que se había desaparecido.

R

Riñón. Órgano urinario par en forma de habichuela, que se encuentra en la parte dorsal del abdomen, a cada lado de la columna vertebral, entre los niveles de la 12.ª; Vértebra dorsal y la 3.ª; lumbar. En la mayoría de las personas, el riñón derecho es más caudal que el izquierdo. Cada riñón mide aproximadamente 11 cm de largo por 6 de ancho y 2,5 de grosor. Los riñones producen y eliminan orina a través de un complejo sistema reticular de filtrado y reabsorción, que consta de más de 2 millones de nefronas, compuestas por glomérulos y túbulos renales, que filtran la sangre a alta presión, extraen urea, sales y otros desechos

solubles del plasma sanguíneo y devuelven el filtrado purificado a la sangre. Diariamente atraviesan el riñón más de 1.300 litros de sangre.

S

Síntoma. Una indicación de una persona que tenga una afección o enfermedad ejemplo dolor de cabeza, fiebre, fatiga, náuseas y dolor.

Sistema urinario. Sistema del cuerpo encargado de filtrar la sangre y eliminar los residuos metabólicos del organismo (la urea, la creatinina, los iones fósforo y potasio,...) a través de la orina. Su objetivo es mantener constante la composición de líquidos y sustancias disueltas en el medio interno corporal.

Sistema linfático. Los tejidos y órganos que producen, almacenan y transportan los leucocitos (células blancas de la sangre), que combaten infecciones y otras enfermedades. Este sistema incluye la medula ósea, el bazo, el timo, los ganglios linfáticos y los vasos linfáticos (una red de tubos delgados que llevan la linfa y las células blancas de la sangre). Los vasos linfáticos se ramifican, como los vasos sanguíneos en todos los tejidos del cuerpo.

T

Tejido. Un grupo o una capa de células del mismo tipo y que trabajan juntas para llevar a cabo una función específica.

Terapia biológica. Tratamiento para estimular o restaurar la capacidad del sistema inmune para combatir las infecciones y otras enfermedades. También se usa para reducir los efectos secundarios que pueden ser causados por algunos tratamientos contra el cáncer. También se conoce como inmune terapia o terapia modificadora de la respuesta biológica (MRB).

Tumor. Una masa nueva de tejido en exceso que resulta de una división anormal de células. Los tumores no desempeñan una función útil en el cuerpo. Pueden ser benignos (no cancerosos) o malignos (cancerosos).

Tumor primario. Tumor original.

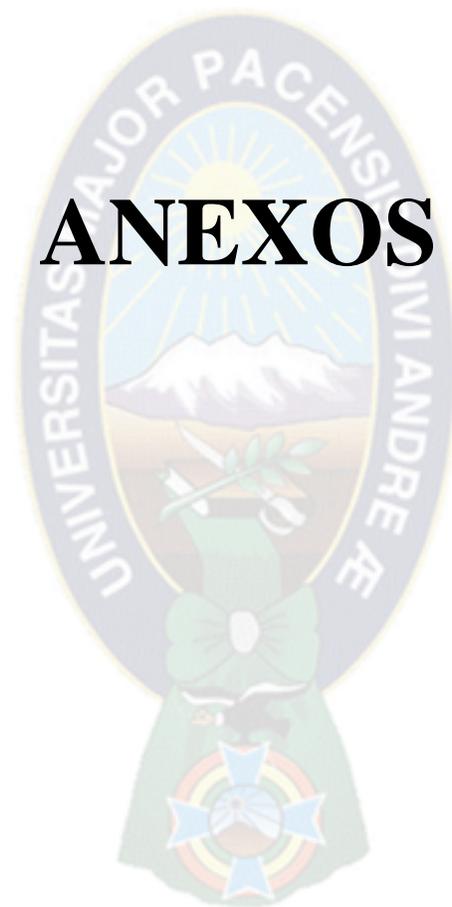
U

Urólogo. Rama de la medicina que se dedica al estudio de la anatomía, fisiología, enfermedades y asistencia del tracto urinario en hombres y mujeres y del tracto genital masculino.

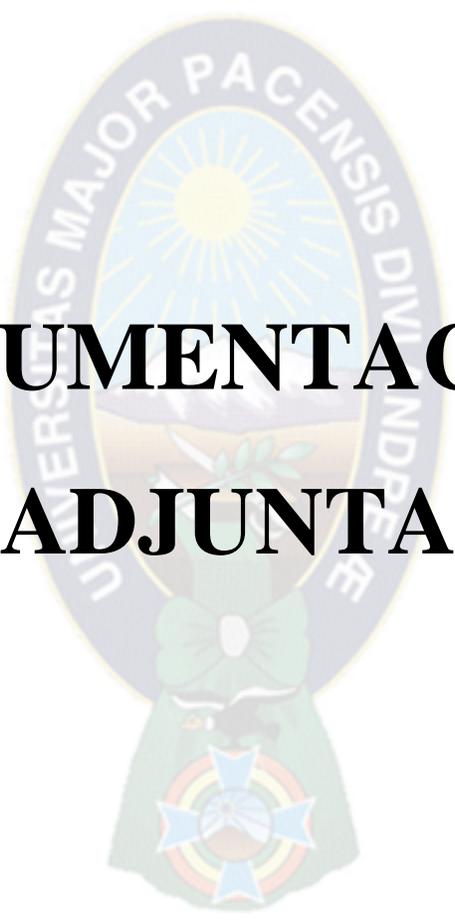
V

Vejiga urinaria. es un órgano hueco músculo-membranoso que forma parte del tracto urinario y que recibe la orina de los uréteres, la almacena y la expulsa a través de la uretra al exterior del cuerpo durante la micción.





ANEXOS



**DOCUMENTACIÓN
ADJUNTA**