

**HERRAMIENTA SOFTWARE MULTIMEDIA PARA LA TUTORIA Y  
EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES DE LA ASIGNATURA FISILOGIA  
MÉDICA DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL  
DE SANTANDER  
EFIME 1.0**

**OSCAR ENRIQUE GUERRA VARGAS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL E SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2005**

**HERRAMIENTA SOFTWARE MULTIMEDIA PARA LA TUTORIA Y  
EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES DE LA ASIGNATURA FISILOGIA  
MÉDICA DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL  
DE SANTANDER  
EFIME 1.0**

**OSCAR ENRIQUE GUERRA VARGAS**

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero de  
Sistemas

Director:

**Alfonso Mendoza Castellanos**

The Electronics Thecnology Program, Bachelor of Science, D.E.A en Automática,  
Informática y Mecánica Aplicada a la Robótica.

Codirector:

**Dr. Oscar Leonel Rueda Ochoa MD. FACP**

Medico Especialista en Medicina Interna de la UIS

MSc (C) Epidemiología Clínica.

Fellowship American College of Physicians USA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL E SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2005**

## **DEDICATORIA**

A Dios por iluminarme en los momentos difíciles  
y ser mi guía durante toda mi vida.

A mi esposa, Catalina y a mi hija, María José  
Por su amor y por ser la luz  
que ilumina mi camino.

A mis padres por sus sabios consejos  
y por su apoyo incondicional  
en los momentos difíciles.

A mis hermanos por su amor, paciencia,  
confianza y colaboración durante mi carrera.

***Oscar Enrique Guerra Vargas***

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor desea expresar su agradecimiento a las siguientes personas:

Profesor Alfonso Mendoza Castellanos, (director Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica de la UIS), por su colaboración, confianza y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

Dr. Oscar Leonel Rueda Ochoa, (director Grupo de Investigación en Electrocardiografía de la UIS), por su colaboración y aporte de los temas básicos teóricos que forman parte de la herramienta.

Odaimar Carrillo, (estudiante de último semestre de Ingeniería de Sistemas de la UIS), por su colaboración, consejos y guía para el desarrollo del software.

A todos aquellos que de alguna forma estuvieron acompañándome durante este proceso de desarrollo del proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	3
1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO .....	15
1.1 OBJETIVOS .....	16
1.1.1 Objetivo General .....	16
1.1.2 Objetivos Específicos .....	16
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	17
2. MARCO TEORICO .....	19
2.1 HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN FISIOLÓGICA.....	19
2.2 FUNDAMENTOS DE FISIOLOGIA.....	19
2.3 LOS COMPUTADORES Y LA EDUCACIÓN .....	19
2.3.1 Integración del computador con los medios de enseñanza-aprendizaje .....	20
2.3.2 Teorías del Aprendizaje .....	21
2.3.2.1 Enfoque Conductista.....	22
2.3.2.2 Enfoque Cognoscitivo .....	22
2.3.2.3 Conductismo Cognoscitivo.....	23
2.3.2.4 Aprendizaje Significativo de Ausbel.....	23
2.3.2.5 Enfoque Educativo Algorítmico.....	24
2.3.2.6 Enfoque Educativo de EFIME 1.0 .....	25
2.4 INGENIERIA DEL SOFTWARE .....	26
2.4.1 El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.....	26
2.4.1.1 Fases del Proceso Unificado .....	28
2.4.1.2 Flujos de Trabajo Fundamentales.....	29
2.4.2 Metodología de Desarrollo del Software de EFIME 1.0 .....	30
2.4.3 El Lenguaje Unificado Modelado (UML) .....	31
2.4.3.1 Elementos.....	31
2.4.3.2 Relaciones .....	33
2.4.3.3 Diagramas .....	33
2.5 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA .....	35
2.5.1 MULTIMEDIA .....	35
2.5.1.1 Beneficios de una presentación multimedia.....	37
2.5.2 BASES DE DATOS .....	38
2.5.2.1 Ventajas de las Bases de Datos .....	38
2.5.2.2 Diseño de una Base de Datos .....	38
2.5.2.3 Modelo Relacional de Datos.....	39
2.5.2.4 Diseño de las Bases de Datos Relacionales.....	39
2.6 SOFTWARE UTILIZADO EN EL DESARROLLO DE EFIME 1.0 .....	40
2.6.1 BORLAND DELPHI 5 .....	40
2.6.2 MySQL-Front .....	41

2.6.3 DBDesigner 4 .....	43
3. DESARROLLO DE EFIME 1.0.....	45
3.1 ANALISIS DE REQUISITOS .....	45
3.1.1 Problemas Educativos .....	45
3.1.2 Especificación de Requisitos.....	46
3.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA.....	47
3.2.1 Arquitectura del Sistema.....	47
3.2.2 Módulos del Sistema.....	48
3.2.2.1 Módulo de Registro .....	49
3.2.2.2 Módulo de Evaluación .....	51
3.2.2.3 Módulo de Logros .....	55
3.2.2.4 Módulo de Ayuda.....	55
3.3 IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA .....	57
3.3.1 Descripción de la Base de Datos .....	57
3.3.2 Diagramas de Actividad.....	61
4. CONCLUSIONES.....	65
5. RECOMENDACIONES .....	67
BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXO 1. Manual del Usuario .....	72
ANEXO 2.....	99
2.1 HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN FISIOLÓGICA.....	99
2.1.1 Comienzos de la fisiología moderna .....	99
2.1.2 La fisiología en los siglos XVIII y XIX.....	100
2.1.3 Avances recientes .....	102
ANEXO 3.....	104
2.2 FUNDAMENTOS DE LA FISIOLÓGIA.....	104
2.2.1 Líquidos y Electrolitos .....	104
2.2.2 Fisiología Celular.....	107
2.2.3 Neurofisiología .....	110
2.2.4 Neurofisiología del Sistema Nervioso Central y Periférico.....	112
2.2.4.1 SISTEMA NERVIOSO CENTRAL.....	113
2.2.4.1 SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO .....	117
2.2.5 Sentidos Especiales .....	121
2.2.6 Cardiología.....	125
2.2.7 Neumología.....	129
2.2.8 Fisiología Renal .....	132
2.2.9 Hematología .....	136
2.2.10 Gastroenterología .....	140
2.2.11 Endocrinología.....	145
2.2.12 Fisiología del Ejercicio .....	148

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura del Sistema	39
Figura 2. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Registro, Vista de Usuario	40
Figura 3. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Registro, Vista Software	41
Figura 4. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Evaluación, Vista de Usuario	42
Figura 5. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Evaluación, Vista	44
Figura 6. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Logros	46
Figura 7. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Ayuda	47
Figura 8. Diagrama Entidad – Relación	48
Figura 9. Diagrama de Actividad, Módulo de Iniciar Sesión	53
Figura 10. Diagrama de Actividad, Módulo de Evaluación	54
Figura 11. Diagrama de Actividad, Módulo de Logros	55
Figura 12. Pantalla Inicial	64
Figura 13. Registro Usuario Nuevo	65
Figura 14. Ingresar al Sistema	65
Figura 15. Sesión Administrador	66
Figura 16. Sesión Usuario	66
Figura 17. Menú Archivo	67
Figura 18. Modificar Información Personal	67
Figura 19. Cambiar Password	68
Figura 20. Cerrar Sesión	68
Figura 21. Salir	68
Figura 22. Menú Examen	69
Figura 23. Tipo de Ex 127	
Figura 24. Resumen Examen Elegido	69
Figura 25. Presentación del Examen	70
Figura 26. Examen, Terminar Examen	71
Figura 27. Confirmar, Terminar Examen	72
Figura 28. Resumen, Resultados del Examen	72
Figura 29. Indicador de Logros, Numérico	72
Figura 30. Indicador de Logros, Gráfico	73
Figura 31. Indicador de Logros Último Examen	74

Figura 32. Solucionario	74
Figura 33. Ayuda, Acerca de...	75
Figura 34. Ayuda, Ayuda...	76
Figura 35. Mantenimiento	77
Figura 36. Tablas de Referencia	77
Figura 37. Tablas de Referencia-Tema-Crear	78
Figura 38. Tablas de Referencia-Tema-Modificar	79
Figura 39. Tablas de Referencia-Tema-Borrar	79
Figura 40. Confirmar Borrar	80
Figura 41. Tablas de Referencia-Tema-Ver	80
Figura 42. Preguntas	80
Figura 43. Preguntas, Agregar	81
Figura 44. Preguntas, Agregar, Confirmación	82
Figura 45. Preguntas, Agregar, Imagen	82
Figura 46. Preguntas, Vista Previa, Por Número	83
Figura 47. Preguntas, Vista Previa, Por Tema	84
Figura 48. Modificar Pregunta	85
Figura 49. Modificar Pregunta, Datos	86
Figura 50. Modificar Pregunta, Confirmación	86
Figura 51. Estadísticas	86
Figura 52. Usuarios	87
Figura 53. Listado de Usuarios	88
Figura 54. Borrar Usuarios	88
Figura 55. Borrar Usuarios, Confirmación	89

## INTRODUCCIÓN

Debido al gran crecimiento que ha tenido la informática a nivel educativo, cada día es más fácil encontrar herramientas computacionales que apoyen la enseñanza y el desarrollo del proceso de aprendizaje en el aula y en el hogar.

Los materiales educativos multimedia integran la informática con todas las áreas del conocimiento, teniendo en cuenta hacia donde están dirigidos y el nivel de especialización de los contenidos, es decir, si son para estudiantes de medicina o para profesionales de medicina, si son para estudiantes de colegio o para trabajar en la casa, en fin están dirigidos a cualquier persona sin importar el nivel de educación y el lugar de su uso; en cualquiera de los casos, esta metodología de aprendizaje siempre se caracterizará por la libertad en el ritmo de estudio, sin límites de espacio y horario, la posibilidad de profundizar en los temas de interés, la utilización de elementos multimedia que favorecen la retención y memorización de contenidos, la motivación y el gusto por aprender.

En el área de la salud se han desarrollado diversas herramientas educativas, para ayudar al estudiante en su proceso de aprendizaje. El área de la ***Fisiología Médica***, no podía ser ajena a esta evolución educativa, por ello es importante la creación de una herramienta que apoye los procesos de aprendizaje, mediante el uso adecuado del computador; ya que mediante el uso de estas herramientas educativas el estudiante adquiere habilidad en el reconocimiento de las diferentes partes que conforman el cuerpo humano, así como su funcionamiento.

Como respuesta a este desarrollo tecnológico es que nace este proyecto, gracias a la colaboración de los grupos ***GIIB***<sup>1</sup> y ***EKG***<sup>2</sup> de la Universidad Industrial de Santander (UIS), con el cual se busca ofrecer a los estudiantes de la asignatura

---

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica, bajo la dirección de Alfonso Mendoza Castellanos.

<sup>2</sup> Electrocardiografía, bajo la dirección del Dr. Oscar Leonel Rueda Ochoa

Fisiología Médica de la UIS, un ambiente más dinámico para el estudio de las estructuras básicas del cuerpo humano y su funcionamiento, con el cual el alumno puede evaluar el nivel de aprendizaje adquirido durante el desarrollo de los temas tratados en clase y así poder hacer un autoanálisis de sus fortalezas y debilidades a la hora de utilizar la herramienta.

Con la realización de este informe se pretende explicar en forma detallada los fundamentos teóricos y las especificaciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de **EFIME 1.0**. En el primer capítulo se hace la presentación del proyecto, los objetivos y la justificación del mismo. En el segundo capítulo, se presenta el marco teórico, en el cual se hace un resumen de cada uno de los temas que serán evaluados en la herramienta y en base a los cuales se implementaron las diferentes preguntas para la base de datos de la herramienta, así como los fundamentos teóricos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del proyecto, tales como: *conceptos de tecnologías usadas en la herramienta, ingeniería del software, teorías del aprendizaje, proceso unificado, UML, bases de datos y lenguajes de programación*. En el tercer capítulo se presenta un análisis de las necesidades educativas del software, el diseño elaborado para el desarrollo de la herramienta y la implementación de la misma. En el cuarto capítulo se presentan las conclusiones del proyecto. Y en el quinto y último capítulo se presentan las recomendaciones que pueden seguir en un futuro quienes deseen desarrollar una nueva versión del software.

Además, se presenta la bibliografía que fue utilizada en el desarrollo de la herramienta, para aquellos que deseen indagar un poco más sobre el tema que más les interese. Para terminar el documento, se anexo el manual del usuario, el cual les ayudara a utilizar de la mejor forma el software, y así obtener un mejor rendimiento del mismo.

## RESUMEN

**TITULO:** HERRAMIENTA SOFTWARE MULTIMEDIA PARA LA TUTORIA Y EVALUACION DE LOS ESTUDIANTES DE LA ASIGNATURA FISILOGIA MÉDICA DE LA FACULTAD DE SALUD DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, EFIME 1.0\*

**AUTOR:** OSCAR ENRIQUE GUERRA VARGAS\*\*

**PALABRAS CLAVES:** EFIME, Autoevaluación, Ingeniería Biomédica, Aprendizaje, Enfoque Algorítmico, Fisiología Médica.

EFIME es una herramienta informática diseñada para apoyar los procesos de aprendizaje de los estudiantes de Medicina, en el área de Fisiología Médica, de la Facultad de Salud UIS, para que así puedan hacer una autoevaluación de los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de los contenidos de la materia.

Ofrece la ventaja para que cada estudiante que utilice la herramienta pueda ver sus debilidades y pueda reforzarlas gracias al solucionario que se muestra después de presentar un examen.

La herramienta permite:

**Iniciar Sesión:** permite ingresar al software, si es la primera la vez que el usuario utiliza el software, debe Registrarse Como Nuevo Usuario para determinar el Nombre de Usuario y la Clave o password que utilizara en próximos inicios de sesión. En el caso de que el usuario ya se encuentre registrado en el software, solo debe ingresar su Nombre de Usuario y Clave, para ingresar sesión de trabajo en EFIME 1.0.

**Cerrar Sesión:** este caso de uso termina la sesión del usuario que esta utilizando el sistema y es llamado cuando se cierra el software o cuando se le quiere dar paso a un nuevo usuario.

✚ **Evaluación:**

**Evaluar por Tema:** este tipo de evaluación tiene como fin evaluar al usuario en un tema específico, que es escogido por él, permitiendo así que el usuario evalúe su nivel de aprendizaje en la lección que él eligió.

**Elegir el Número de Preguntas:** permite al usuario escoger la cantidad de interrogantes a resolver en su evaluación.

✚ **Ver logros:**

El usuario de EFIME 1.0 puede ver los resultados de todas sus evaluaciones para determinar sus falencias y fortalezas. Esta opción incluye Ver Puntaje General, es decir, puede ver los resultados finales de las evaluaciones que ha presentado, o puede Ver Puntaje por Tema, para ver en detalle el puntaje que obtuvo en una evaluación.

✚ **Solicitar Ayuda:**

El módulo de ayuda le permite al usuario realizar una consulta sobre como utilizar de forma adecuada la herramienta.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad De Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática, Director: Alfonso Mendoza Castellanos

## SUMMARY

TITLE: **TOOL SOFTWARE MULTIMEDIA FOR THE TUTORSHIP AND EVALUATION OF THE STUDENTS OF THE SUBJECT MEDICAL PHYSIOLOGY OF THE ABILITY OF HEALTH OF THE INDUSTRIAL UNIVERSITY OF SANTANDER, EFIME 1.0** \*

AUTHOR: **OSCAR ENRIQUE GUERRA VARGAS** \*\*

KEY WORDS: **EFIME, Autoevaluation, Biomedical Engineering, Learning, Algorithmic Focus, Medical Physiology.**

EFIME is a computer tool designed to support the processes of the students' of Medicine learning, in the area of Physiology it Prescribes, of the Ability of Health UIS, so that they can make this way an autoevaluation of the acquired knowledge during the development of the contents of the matter.

Offers the advantage so that each student that uses the tool can see her weaknesses and you can reinforce them thanks to the solucionary that is shown after presenting an exam. Also, the professors of this area can see the learning level of each one of the students.

The tool allows:

**To begin Session:** it allows to enter to the software, if it is the first one the time that the user uses the software, he should Register As New User to determine User's Name and the Key or password that it used in next session beginnings. In case the user is already registered in the software, alone it should enter his Name of User and Key, to enter work session in EFIME 1.0.

**To close Session:** this case of use finishes the user's session that this using the system and it is called when closes the software or when he/she is wanted to open the way to a new user.

### **Evaluation:**

**To evaluate for Topic:** this evaluation type has as end to evaluate the user in a specific topic that is chosen by him, allowing the user so I evaluated its learning level in the lesson that he chose.

**To choose the Number of Questions:** it allows the user to choose the quantity of queries to solve in their evaluation.

**To respond Question:** this option allows the user to respond to the question that ago.

### **To see achievements:**

The user of EFIME 1.0 can see the results of all their evaluations to determine their blunders and strengths. The case of use to See Achievements includes to See General qualification, that is to say, he/she can see the final results of the evaluations that it has presented. Or he/she can See qualification for Topic, it stops in detail the qualification that he/she obtained in an evaluation.

### **To request Help:**

The module of help allows the user to carry out a consultation on as using in an appropriate way the tool.

---

\* Project of Grade

\*\* Ability of Engineerings Physique Mechanics, School of Engineering of Systems and Computer Science, Director: Alfonso Mendoza Castellanos

# 1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo General

Diseñar y Desarrollar una herramienta software que permita la autoevaluación de los estudiantes de medicina en el área de FISIOLOGÍA MÉDICA, de la facultad de Salud, como medio de preparación de exámenes de certificación en el área.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- ✨ Utilizar los elementos multimedia para el desarrollo de la herramienta software diseñada, para detectar las dificultades de aprendizaje que pueda poseer el estudiante de medicina en la asignatura de Fisiología Médica, y lo oriente en los temas a revisar y le permita afianzar los conceptos teóricos y desarrollar sus habilidades cognitivas.
- ✨ Realizar un análisis estadístico comparativo de las diferentes pruebas presentadas por el usuario de la herramienta, para que así, pueda hacer un seguimiento de sus debilidades y fortalezas en el manejo de los conceptos y pueda realizar una retroalimentación de los conceptos que no han podido quedar bien claros.
- ✨ Incluir un modulo de administración, donde el docente pueda modificar, eliminar y adicionar, tanto preguntas como las guías de retroalimentación de las preguntas.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Con base en la propuesta de cambio en el enfoque pedagógico formulado por los grupos de Investigación de Ingeniería Biomédica (GIIB) y el grupo de Electrocardiografía (EKG) de la escuela de Medicina, los cuales integran la Ingeniería de Sistemas con la Medicina, se pretende desarrollar este proyecto, el cual le permite a los diferentes entes involucrados construir el conocimiento a través de experiencias de aprendizaje apoyadas en la simulación y el seguimiento personalizado, de tal forma que puedan aprender de sus experiencias, con la retroalimentación que les proporciona el software.

Este proyecto pretende ser una innovación en el aprendizaje y evaluación de los estudiantes de Medicina de la UIS, ya que ayuda al estudiante a preparar sus evaluaciones y le permite llevar una estadística sobre sus debilidades y fortalezas en la asignatura FISILOGIA MEDICA, debido a que el software le informa, al final de la prueba, en que áreas tiene debilidades y en cuales es sobresaliente, permitiéndole así, hacer una retroalimentación de los conceptos evaluados en la simulación, para que así el estudiante se prepare con más eficiencia y obtenga un nivel más alto de conocimiento.

Además, al desarrollar esta aplicación, se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, tales como: lenguajes de alto nivel, manejo de base de datos, entre otros, que exige todo trabajo de ingeniería e investigación. La conveniencia social, las exigencias tecnológicas e ingeniérriles, así como el aporte a la investigación y desarrollo de software justifican esta propuesta de trabajo de grado para ingeniería de sistemas.

El desarrollo de materiales educativos que sirven de apoyo en el proceso de aprendizaje se ha popularizado gracias a que los computadores se han integrado a nuestra vida cotidiana, tanto en el sector educativo como en el ambiente familiar.

En el área de la salud, se han desarrollado gran variedad de herramientas educativas, con las cuales se pretende que el estudiante refuerce y adquiera nuevos conocimientos acerca de un tema o programa específico; para nuestro caso, el programa a reforzar en los estudiantes de Medicina de la Universidad Industrial de Santander, es la *FISIOLOGIA MEDICA*, el cual comprende los siguientes temas:

- ¥ Líquidos y Electrolitos
- ¥ Fisiología Celular
- ¥ Neurofisiología Básica
- ¥ Neurofisiología del Sistema Nervioso Central y Periférico
- ¥ Sentidos Especiales
- ¥ Cardiología
- ¥ Neumología
- ¥ Fisiología Renal
- ¥ Hematología
- ¥ Gastroenterología
- ¥ Endocrinología
- ¥ Fisiología del Ejercicio

Basándonos en estos temas, se pretende realizar un software que evalúe y capacite a cada uno de los estudiantes de la asignatura, para que puedan obtener un nivel más alto de aprendizaje, y así puedan demostrar sus conocimientos presentando el ***EXAMEN DE CERTIFICACIÓN*** exigido por la universidad para aprobar el curso, y por las asociaciones médicas para medir el nivel de conocimiento de los médicos en el área.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN FISIOLÓGICA**

VER ANEXO 2.

### **2. HFUNDAMENTOS DE FISIOLOGIA**

VER ANEXO 3.

### **2.3 LOS COMPUTADORES Y LA EDUCACIÓN<sup>3</sup>**

Hoy en día, gracias al auge que ha tenido la industria informática, los computadores han entrado a formar parte activa del mundo educativo, tanto como objeto de estudio, como herramienta de trabajo.

*¿Pero qué factores han influido en el uso de los computadores en la educación?*

El costo ha sido un factor determinante; pues las compañías encargadas de desarrollar el hardware y el software, han disminuido los precios para la adquisición de computadores, haciendo que la tecnología informática sea más accesible, gracias a las estrategias de mercadeo y la continua mejora en la calidad de los productos que se ofrecen.

Además, la facilidad que brindan los computadores para interactuar directamente con ellos, con programas e interfaces amigables, y el uso de dispositivos de comunicación, como la Internet, con lo cual se ha aumentado su acogida, esto, sumando a los adelantos que se vienen dando en el desarrollo de la computación y la informática en el mundo moderno.

---

<sup>3</sup> PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del Software. Editorial McGraw Hill. Quinta edición.

Ahora, como medio de enseñanza-aprendizaje, la principal ventaja del computador, a diferencia de los medios tradicionales de enseñanza, es la interactividad que se puede lograr por medio de ellos, facilitando y optimizando así el proceso de enseñanza; a esto se suma, la capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión de la información y la capacidad de crear ambientes multimediales que sean atractivos para el usuario.

Sin embargo todo esto, serviría de poco si no se cuenta con metodologías educativas que faciliten la puesta en práctica de una educación horizontal (modelo de diálogo), en donde el profesor no actúe como transmisor de información, sino que acompañe y apoye a los estudiantes en el proceso de apropiación y desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y destrezas.

### **2.3.1 Integración del computador con los medios de enseñanza-aprendizaje**

Los materiales educativos computarizados, buscan complementar lo que con otros medios de enseñanza-aprendizaje es difícil conseguir, lo cual no significa que con las nuevas tecnologías de la información se vaya a reemplazar totalmente la acción de otros medios educativos, que son y han sido siempre muy útiles, como los libros, los materiales audiovisuales e inclusive el docente. Lo que se plantea es aprovechar el potencial audiovisual y multimedial con que cuenta el computador, para crear ambientes interactivos que ofrezcan situaciones vivenciales para apoyar el aprendizaje, sobre todo en aquellos aspectos que son difíciles de explicar por los medios tradicionales de enseñanza.

El éxito entonces, está en utilizar el computador como medio de aprendizaje, el cual le brinda al usuario la posibilidad de interactuar con el material educativo y considerarlo ideal para esta tarea por su gran capacidad de almacenamiento, procesamiento y transmisión de la información; pero hay que tener en cuenta, que el papel que desempeñan los materiales educativos computarizados es el de

complementar las acciones que a otros materiales educativos, por su naturaleza, les es difícil asumir.

Sin embargo, esto no es suficiente, pues hace falta entender y aplicar teorías de aprendizaje que den soporte a la creación de ambientes de enseñanza con el fin de obtener un mejor rendimiento en aprendizaje.

### **2.3.2 Teorías del Aprendizaje**

El aprendizaje es un proceso en el que participan activamente tanto el maestro como el alumno, compartiendo sus ideas y comprometiéndose mutuamente en la educación. En el aula de clase se llevan a cabo un gran número de acontecimientos relacionados entre sí, que tienen implícitos a su vez un gran número de variables que determinan en un alto porcentaje el éxito o el fracaso de un proceso de aprendizaje. Es ahí donde el profesor debe intervenir, controlando esas variables, incrementando la observación de los acontecimientos y proporcionando oportunidades para la creación de nuevos conceptos.<sup>4</sup>

Existen diferentes teorías de aprendizaje y cada una establece su propio foco de atención, en algunas no se toma en cuenta al sujeto que aprende y solo se consideran las condiciones externas que favorecen su aprendizaje, otras por el contrario dirigen todos sus esfuerzos al aprendiz, teniendo en cuenta solo los factores internos que promueven el aprendizaje. También existen posiciones intermedias que aunque no son siempre bien vistas intentan proponer nuevos derroteros para atender todos los aspectos del fenómeno de aprendizaje. Sin embargo, se puede observar que las perspectivas de cada teoría son complementarias y pueden resultar muy importantes a la hora de generar un esquema de enseñanza, ya que todas las teorías, independientemente de sus enfoques, tienen al aprendizaje como objeto de estudio.

---

<sup>4</sup> ENTWISTLE, Noel. La Comprensión del Aprendizaje en el Aula. Barcelona. Paidós. 1980.

### **2.3.2.1 Enfoque Conductista**

Utiliza el comportamiento humano como eje de trabajo tratando de llevar al alumno desde donde se supone que conoce hasta donde se supone que desea que llegue a saber, mediante el refuerzo de pequeños pasos para asimilar el conocimiento.

Algunos de los principios que establece el enfoque conductista como base del aprendizaje programado son:

- ✳ El individuo modifica su modo de actuar observando la consecuencia de sus actos.
- ✳ La conducta de aprendizaje puede desarrollarse reforzando los comportamientos que deben repetirse.
- ✳ El reforzamiento es un reconocimiento o recompensa para el individuo, cuando ha ejecutado algo en forma satisfactoria, que genera un efecto de motivación produciendo un incremento del ritmo de aprendizaje y del interés por aprender.

De esta forma se espera poder enseñar al estudiante a dominar una materia compleja, separando en sus componentes más pequeños el objeto de estudio y estimulando sus respuestas correctas.

### **2.3.2.2 Enfoque Cognoscitivo**

Centra sus esfuerzos en entender los procesos mentales que propician el aprendizaje humano. Este enfoque considera que los individuos actúan basándose en el deseo de alcanzar ciertas metas más que como respuesta a un estímulo.

Entre los principios que plantea el enfoque cognoscitivo encontramos:

- ✿ Cualquier individuo hará lo mejor que pueda en términos de lo que piensa.
- ✿ Cada persona usará los objetos de su entorno de la mejor manera posible.
- ✿ Los eventos psicológicos se activan por todas las condiciones del momento en que ocurra la conducta.
- ✿ Las relaciones se experimentan como algo que se produce por las características de los elementos en consideración.

Bajo esta filosofía el aprendizaje se produce gracias al entendimiento de los cambios que ocurren en el entorno y mediante un acto de asimilación le da el significado al contenido aprendido.

### **2.3.2.3 Conductismo Cognoscitivo**

Establece una posición intermedia sobre el aprendizaje con una contribución que va más allá de la suma de sus partes. Además de los postulados básicos que aportan los enfoques conductista y cognoscitivo, se agregan algunas teorías que permiten ligar tipos de estímulos o eventos con ciertas respuestas, al tiempo que establece las fases de aprendizaje que deben reforzarse para lograr los resultados esperados.

### **2.3.2.4 Aprendizaje Significativo de Ausbel**

Esta teoría plantea una diferenciación entre las formas de enseñanza y los tipos de aprendizaje que se obtienen.

Para Ausbel, el proceso de enseñanza se puede llevar a cabo de dos formas:

☀ *Mediante el Aprendizaje Receptivo:* en el que se presenta al estudiante el contenido final que va a ser aprendido.

☀ *A través del Aprendizaje por Descubrimiento:* cuando el estudiante tiene que descubrir el contenido y luego asimilarlo.

Así mismo, se pueden obtener dos tipos de aprendizaje: *el Repetitivo y el Significativo*, según como sea la forma en la que se establezca la relación de los nuevos conceptos con los conocimientos previos que poseía el estudiante. Cuando se tiene un aprendizaje repetitivo esta relación no se logra o es demasiado confusa para permanecer por mucho tiempo; si el aprendizaje es significativo, la relación que se obtiene va a ser clara y estable.<sup>5</sup>

La teoría Significativa de Ausbel presenta una serie de ideas que le facilitan al docente llevar a cabo la planeación, el diseño y el desarrollo de un proceso de enseñanza que permita obtener un Aprendizaje Significativo. Para llevar a cabo la planeación hay que tener en cuenta como punto básico, el hecho de obtener del estudiante la información referente a lo que él sabe acerca de determinado tema y así, acompañar el proceso de aprendizaje utilizando estrategias metodológicas que modifiquen la estructura cognitiva del estudiante.

### **2.3.2.5 Enfoque Educativo Algorítmico**

En este enfoque el aprendizaje se realiza mediante la transmisión del conocimiento, definiendo secuencias predeterminadas de actividades que conducen a lograr metas previamente definidas. En el Enfoque Algorítmico, el aprendiz se convierte en depositario de los conocimientos y modelos de pensamiento. Desde este punto de vista se pretende precisar y estructurar el proceso de enseñanza.

---

<sup>5</sup> DE SUBIRIA, Julián. Los Modelos Pedagógicos. Enfoque Conceptual. 1994.

Dentro de este enfoque podemos encontrar los siguientes tipos de materiales educativos:

### **Sistemas Tutoriales**

Son muy útiles cuando el aprendiz requiere de alta motivación, información de retorno diferencial e inmediata, ritmo propio y secuencias total o parcialmente controlables por el usuario. Se caracteriza por ofrecer ambientes agradables y entretenidos que permiten superar la falta de motivación que genera el aprendizaje de algunos temas, ya sea por su complejidad o extensión.

### **Sistemas de Ejercitación y Práctica**

Permiten reforzar la aplicación del conocimiento y la información de retorno de los contenidos, asumiendo que el aprendiz ha superado exitosamente la etapa de orientación en la cual se codifica, almacena y retiene los conceptos aprendidos.

#### **2.3.2.6 Enfoque Educativo de EFIME 1.0**

En el desarrollo de la herramienta se tuvo en cuenta el **Enfoque Algorítmico de Aprendizaje**, ya que para una mejor comprensión de la Fisiología Médica es necesario hacer un estudio secuencial, permitiendo que el aprendiz avance y explore los diferentes contenidos según su propio criterio. Además, el ambiente creado le permite al usuario su ejercitación, para que así pueda evaluar su aprendizaje e identificar los temas que debe reforzar.

El Enfoque Algorítmico es ideal para lograr habilidades y destrezas tanto intelectuales como motoras. En este caso de la Fisiología Médica, el aprendiz necesita la habilidad visual para reconocer los distintos sistemas fisiológicos y se capacite en la comprensión del funcionamiento de los diferentes sistemas orgánicos y su interrelación; por este motivo, este enfoque se considera el más apropiado para el desarrollo de esta herramienta software.

## 2.4 INGENIERIA DEL SOFTWARE

Esta rama de la computación se encarga de llegar a una solución de calidad, promoviendo la coordinación del personal involucrado en su elaboración, la construcción de herramientas para automatizar los métodos aplicables en las fases de desarrollo y el uso de técnicas para garantizar la calidad de los productos.

Facilitar el proceso de desarrollo y suministrar las bases para elaborar software de calidad son los principales objetivos de la ingeniería del software, para ello se tienen en cuenta los siguientes elementos:

- ✦ Métodos que guíen el análisis de requisitos, diseño, construcción y evolución de la aplicación a través de su ciclo de vida.
- ✦ Procesos que permiten un desarrollo racional y oportuno para definir un marco de trabajo que integre los recursos necesarios para su elaboración.
- ✦ Herramientas que proporcionen un soporte a los procesos y métodos.

### 2.4.1 El Proceso Unificado de Desarrollo de Software

Este proceso es utilizado para el desarrollo de software que pauta las actividades necesarias para convertir los requisitos del sistema en un producto terminado, creado para proporcionar un marco de trabajo genérico, que permite especializarse en cualquier tipo de software en diversas áreas de aplicación.

El proceso unificado se caracteriza por ser:<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> JACOBSON, Ivar. BOOCH, Grady. RUMBAUGH, James. El Proceso Unificado del Desarrollo de Software. Editorial Pearson Educación S.A. Madrid 2000.

### **Iterativo**

Porque plantea dividir el trabajo en partes más pequeñas o miniproyectos que se denominan iteraciones, estas hacen referencia a pasos en el flujo de trabajo que al desarrollarse resultan en un incremento del producto final; dichas iteraciones deben ser controladas, es decir, deben seleccionarse y ejecutarse de una forma planificada.

### **Centrado en la Arquitectura**

Significa que la arquitectura de un sistema se usa como un artefacto primordial para la conceptualización, construcción, gestión y evolución del sistema en desarrollo. Entendiéndose como arquitectura software al conjunto de decisiones significativas acerca de la organización de un sistema software, la selección de los elementos estructurales a partir de los cuales se compone el sistema, las interfaces entre ellos y su comportamiento; además, en la arquitectura software se tienen en cuenta las restricciones y compromisos de uso, funcionalidad, flexibilidad al cambio, reutilización, comprensión, economía y tecnología, entre otros.

### **Dirigido por Casos de Uso**

Indica que los casos de uso (conjunto de secuencias de acciones, que conducen a un resultado observable de interés para un usuario) se utilizan como artefacto principal para definir el comportamiento deseado por el sistema y para comunicar este comportamiento entre las personas involucradas en el mismo. Los casos de uso indican también la entrada principal para el análisis, diseño, implementación y pruebas del sistema, incluyendo la creación, verificación y validación de la arquitectura del mismo.

### **2.4.1.1 Fases del Proceso Unificado**

El proceso unificado se repite a lo largo de una serie de ciclos que constituyen la vida de un sistema, y cada uno de estos concluye una versión del producto. Cada ciclo consta de 4 fases:

#### **Inicio**

Como principal actividad se tiene la recolección de información, que es paralela a la toma de requisitos con el usuario y que permite la creación de los casos de uso donde se planificará el plan de trabajo.

#### **Elaboración**

La búsqueda de más información y el análisis de los requerimientos para complementar los casos de uso son las actividades principales en esta fase, ya que permiten el diseño de un modelo de solución que se prueba con la implementación con poca información (probar el primer modelo que es el más básico).

#### **Construcción**

El diseño con las pruebas hechas se da como terminado, ahora se trabaja sobre la arquitectura base y las pruebas sobre el sistema son mayores.

#### **Transición**

Se hacen todas las pruebas al sistema para comprobar los resultados obtenidos y el usuario informa de los defectos o deficiencias que posee, para poder hacer las correcciones pertinentes e incorporar algunas mejoras sugeridas que terminaran con un producto completo.

## 2.4.1.2 Flujos de Trabajo Fundamentales

### **Requisitos**

La obtención de los requisitos se puede dar en diferentes tipos de interacción con el usuario, algunos de ellos: negociación donde se discute con el usuario lo que el sistema debe hacer, elicitación donde los requisitos se delimitan y se determinan de forma sistemática, o modelado donde los requisitos se representan mediante un lenguaje más cercano al diseño y la implementación.

### **Análisis**

En el análisis se da prioridad a los requisitos que lo necesitan, se eliminan ambigüedades a través de revisiones técnicas formales, se reconoce y especifica el problema para determinar la solución. La validación de los datos e información recolectada es el fundamento del análisis, ya que permite el estudio de modelos de solución y su confrontación con la realidad.

### **Diseño**

Cambio de una representación basada en la especificación del problema a otra basada en una solución al problema, manejo en el dominio del problema y en el dominio de la solución. Hay que asegurar que la traducción es lo más completa y adecuada posible; necesaria relación entre especificación y diseño.

### **Implementación**

Se pasa de una solución en papel a la creación de la arquitectura del sistema en términos de sus componentes, es decir, el código fuente que permite la aparición del programa propio que cumple con las especificaciones y hará que el sistema funcione como un todo.

## **Prueba**

Se prueba el programa como tal y el modelo de solución para comprobar la robustez del código creado y la calidad de análisis de la información presentada sobre unos datos ya obtenidos o esperados. Las construcciones en las que se detecten defectos se prueban nuevamente y si es necesario se devuelven a otros flujos de trabajo, como el diseño o la implementación.

### **2.4.2 Metodología de Desarrollo del Software de EFIME 1.0**

Como proyecto de investigación a desarrollar, la búsqueda de información es parte primordial al momento de tomar una decisión de la metodología a seguir, ya que un proyecto de estas características no se basa solo de los requisitos de las entidades interesadas (Grupo de Investigación de Ingeniería Biomédica y el Grupo de Electrocardiografía de la UIS), sino que a partir de los datos recolectados se traza un plan para el desarrollo del proyecto.

En el proceso de búsqueda de una metodología que se adaptara al proyecto nos encontramos que el Proceso unificado para desarrollo de Software cumplía la mayoría de requisitos; este método presentado por los autores Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh, miembros de la Rational Software Corporation sigue una serie de pasos que se basan en procesos iterativos, que permiten a partir de una información determinada (recolectada) el desarrollo del proyecto.

El Proceso Unificado se soporta en UML (Lenguaje Unificado Modelado) donde se da importancia a los casos de uso para la relación entre el usuario y el programa; el Proceso Unificado es centrado en la arquitectura donde al tiempo que se va desarrollando el proyecto se va fortaleciendo y formando, también es iterativo e incremental donde se hace manifiesto la principal ventaja de esta metodología que es el dar soporte en cada una de las fases.

Las fases del proyecto se centran en la evolución, van del inicio del ciclo de vida hasta la entrega y puesta en marcha; los flujos de trabajo se basan en el porcentaje de tiempo que se dedica a dicho flujo dentro del desarrollo de la iteración. Las iteraciones son divisiones pequeñas dentro de las fases que permiten fraccionar el trabajo para avanzar con el proyecto a partir de los casos de uso, el objetivo de las iteraciones es el desarrollo incremental del proyecto donde al finalizar una iteración se empieza la otra hasta el final de la fase.

### **2.4.3 El Lenguaje Unificado Modelado (UML)**

UML es un lenguaje estándar de modelado para software que puede utilizarse como un instrumento para la visualización, especificación, construcción o documentación de los artefactos del sistema. UML permite que un desarrollador tenga una imagen de su trabajo en esquemas o diagramas estandarizados, que le servirán como medio de comunicación con las personas involucradas en el proyecto. Algunas características importantes de este lenguaje de modelado son su independencia del proceso, su expresabilidad, sencillez y aplicabilidad.

UML proporciona a los desarrolladores un vocabulario que consta de tres categorías: ***Elementos, Relaciones y Diagramas.***

#### **2.4.3.1 Elementos**

Son los principales constituyentes de un modelo y corresponden a las abstracciones que se realizan del sistema. Los hay de cuatro tipos:

##### ***Elementos Estructurales***

Son las partes estáticas de un modelo, necesarias para representar las cosas materiales o conceptuales. Estos elementos a su vez pueden clasificarse en cuatro tipos:

- a. Clases: sirven en la descripción de objetos con atributos, operaciones, relaciones y semántica comunes.
- b. Interfaces: son una colección de operaciones que especifican un servicio de una clase o componente.
- c. Colaboraciones: son el conjunto de roles y otros elementos que generan un comportamiento holístico.
- d. Casos de Uso: son una descripción de las acciones propias de un sistema.
- e. Clases Activas: son clases cuyas instancias son objetos activos.
- f. Componentes: son una parte física y reemplazable que representa el empaquetamiento físico de elementos lógicos.
- g. Nodos: son elementos físicos que representan un recurso computacional.

#### **Elementos de Comportamiento**

Son las partes dinámicas de un modelo y representan las acciones de éste. Los hay de dos tipos:

- a. Interacciones: son comportamientos que comprenden los mensajes relacionales entre los objetos para llevar a cabo un propósito definido.
- b. Maquinas de Estado: son comportamientos que especifican los estados que puede tener un objeto en respuesta a un evento.

#### **Elementos de Agrupación**

Se utilizan para la organización de los modelos en UML; el principal elemento de agrupación es el paquete, que sirve para concentrar los elementos en grupos dentro de los que pueden incluirse los elementos estructurales, de comportamiento y a sí mismos.

#### **Elementos de Anotación**

Son las partes explicativas de un modelo. Como su nombre lo indica permiten

hacer anotaciones o comentarios de cualquier elemento del modelo, bien sea para describirlo, hacer una aclaración o una observación de éste.

### **2.4.3.2 Relaciones**

Representa el conjunto de conexiones existentes entre los diferentes elementos de un sistema. Debe procurarse no excederse el número de relaciones con el fin de no saturar el modelo, buscando un equilibrio que lo haga fácilmente comprensible. En UML existen tres tipos de relaciones básicas:

#### **Dependencias**

Son relaciones de uso que se utilizan para simbolizar que el cambio ocurrido en un elemento afecta directamente a otro.

#### **Generalizaciones**

Se utilizan para relacionar las clases que se consideran generales con otras que son más específicas.

#### **Asociaciones**

Permite establecer conexiones entre los objetos de un elemento con objetos pertenecientes a otros elementos.

### **2.4.3.3 Diagramas**

Las representaciones gráficas de los elementos y sus relaciones se pueden ver desde diferentes perspectivas que dan origen a diferentes tipos de diagramas para generar distintas proyecciones de un sistema. Existen nueve tipos de diagramas:

#### **Diagrama de Clases**

Despliegan relaciones entre clases, interfaces y colaboraciones. Se utilizan para modelar sistemas orientados a objetos, siendo la base para realizar los diagramas de componentes y de despliegue. Es considerada la vista de diseño estática de un sistema.

### **Diagrama de Objetos**

Muestran las relaciones que en un momento dado se establecen entre los objetos. Se encargan de mostrar desde una perspectiva estática el diseño o los procesos de un sistema.

### **Diagrama de Casos de Uso**

Se emplean para modelar una vista estática de un sistema mostrando las relaciones existentes entre los casos de uso y los actores. Se consideran de vital importancia en el modelado del comportamiento de un sistema.

### **Diagrama de Secuencia**

Permite la ordenación temporal de los mensajes. Son más adecuados para observar la perspectiva cronológica de las interacciones.

### **Diagrama de Colaboración**

Enfatizan la interacción entre los objetos que envían y reciben mensajes. Ofrecen una mejor visión espacial mostrando los enlaces de comunicación entre objetos y se obtiene a partir del correspondiente diagrama de secuencia.

### **Diagrama de Estados**

Tiene como objeto mostrar la maquina de estados, esta es el conjunto de estados por los que atraviesa un objeto a lo largo de su vida en respuesta a eventos. Un

estado es una condición o situación en la un objeto satisface una condición, realiza una actividad o espera un evento.

### **Diagrama de Actividades**

Como su nombre lo indica representa un flujo de actividades dentro de un sistema y es un caso especial de diagrama de estado. Se utiliza para modelar su funcionamiento mostrando el flujo de control entre actividades, para obtener la perspectiva dinámica del sistema.

### **Diagrama de Componentes**

Muestra la distribución entre un conjunto de componentes y sus dependencias. Se utiliza para modelar los aspectos físicos de los sistemas orientados a objetos. Este tipo de diagramas es un tipo especial de diagrama de clases, que solo utiliza componentes del sistema.

### **Diagrama de Despliegue**

Al igual que los diagramas de componentes se encarga de modelar los aspectos físicos de los sistemas, mostrando la configuración de los nodos y cada uno de los componentes que se alojan en ellos.

## **2.5 FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA**

### **2.5.1 MULTIMEDIA**

La multimedia hace referencia a la integración de dos o más medios de comunicación que el usuario a través del computador puede manipular y controlar. Estos sistemas interactivos de comunicación permiten crear, almacenar y transmitir información gráfica, textual y auditiva. Además, le proporcionan todos los medios para asimilar el conocimiento en el orden y la cantidad que este estime

conveniente, de igual forma le permite correlacionar los hechos, eventos y conceptos gracias a los enlaces y vínculos que integran la información.

Entre los elementos multimedia que apoyan el proceso de aprendizaje se encuentran:

### **Hipertexto**

Hace referencia a una forma de escritura no secuencial, que permite que cada usuario cree su propia ruta de exploración de contenidos de acuerdo a sus intereses y necesidades. Cualquier herramienta que utilice este elemento debe considerar la forma en que la información es presentada, procurando conservar una escritura lógica de los enlaces, seleccionando aquellos que enriquezcan la línea central del texto, sin saturar de información innecesaria o redundante.

### **Imágenes**

Contienen información en forma gráfica, ofreciendo la posibilidad de establecer una comunicación efectiva con el usuario, debido al impacto sensorial que producen las representaciones pictóricas.

### **Sonido y Música**

Proporcionan apoyo a los demás elementos multimedia reforzando el papel que desempeñan el texto y las imágenes en el proceso de aprendizaje, se encuentran en forma de narración de eventos, hechos y acontecimientos relacionados con el objeto de estudio, además pueden ser utilizados para enriquecer los ambientes de enseñanza o producir efectos que estimulen la motivación del usuario.

### **Animaciones**

Son secuencias de imágenes que mostradas en una sucesión rápida crea un efecto de movimiento, añadiendo interés, realismo y utilidad al proceso de comunicación.

### 2.5.1.1 Beneficios de una presentación multimedia

- ☀ *Impacto*, al incorporar imágenes, efectos de sonido, video y animación, para crear presentaciones vivas y de extraordinaria calidad.
- ☀ *Flexibilidad*, ya que el material digital puede ser fácil y rápidamente actualizado y presentado a través de innumerables medios.
- ☀ *Control por parte del emisor*, al seleccionar la cantidad y tipo de información que desea entregar, así como la forma de entregarla.
- ☀ *Control por parte del receptor*, al elegir la información que quiere recibir y en el momento que desea recibirla.
- ☀ *Costo-Beneficio*, al aprovechar todos sus materiales existentes e incorporarlos a la presentación multimedia; utilizando la misma para múltiples finalidades y a través de diversos medios, ahorrando recursos en materiales impresos difíciles de actualizar y presentándola en innumerables ocasiones sin ninguna restricción.

La interactividad que tiene la multimedia significa que el usuario tiene el control y puede acceder a la información precisa que está buscando, profundizando en los tópicos que le son de interés e ignorando aquellos que conoce bien, a su propio ritmo y en el momento en que él lo decida; a diferencia de un video o una presentación convencional (diapositivas, láminas de computadora, acetatos, etc.), ya que la interactividad de la multimedia, le permite al usuario participar activamente, estimulando la curiosidad y permitiendo que este imponga su voluntad.

## 2.5.2 BASES DE DATOS

Son un conjunto exhaustivo no redundante de datos estructurados, organizados independientemente de su utilización y su implementación en hardware, accesibles en tiempo real y compatibles con usuarios concurrentes que poseen necesidades de información diferente.

### 2.5.2.1 Ventajas de las Bases de Datos

- ✿ *Independencia de datos y tratamiento*, porque un cambio de los datos no implica un cambio en los programas y viceversa, lo que se traduce en un menor costo de mantenimiento.
- ✿ *Coherencia de resultados*, permitiendo reducir la redundancia con acciones lógicamente únicas, evitando la insistencia de los datos.
- ✿ Mejora en la disponibilidad de los datos.
- ✿ Permite el cumplimiento de ciertas normas y restricciones de seguridad.
- ✿ Posibilita una gestión más eficiente de almacenamiento.

### 2.5.2.2 Diseño de una Base de Datos

Existen diferentes modos de organizar la información y representar las relaciones entre los datos en una base de datos. Los cuatro modelos lógicos de bases de datos utilizados por los sistemas administradores convencionales son: ***jerárquico, de redes, relacional y orientado a objetos***. Cada modelo lógico tiene ciertas ventajas de procesamiento y de negocios para hacer un seguimiento de las entidades, atributos y relaciones.

Actualmente, todos los sistemas de gestión de bases de datos modernos almacenan y tratan la información utilizando el modelo de gestión de bases de datos relacional, que fue utilizado en el desarrollo de EFIME 1.0, por su sencillez en el diseño y mantenimiento, baja complejidad de programación y alta flexibilidad.

### **2.5.2.3 Modelo Relacional de Datos**

Supera algunas de las limitaciones que presentaban los modelos jerárquicos y de redes. El modelo relacional de datos representa todos los datos en la base de datos como sencillas tablas de dos dimensiones llamadas relaciones. Las tablas son semejantes a los archivos planos, pero la información en más de un archivo puede ser fácilmente extraída y combinada.

Las bases de datos relacionales utilizan el modelo relacional como modelo lógico para la administración de los datos, se caracteriza porque en cada registro contiene información relacionada con un tema, de ahí su nombre. Además, los datos de dos clases de información pueden manejarse como una única entidad basándose en los valores de los datos relacionados.

### **2.5.2.4 Diseño de las Bases de Datos Relacionales**

Considerándose el tipo de información con que se cuenta y la que se necesita como resultado de una consulta, es posible planificar la información que queremos almacenar en la base de datos. Determinar en forma adecuada la estructura de las tablas, garantiza una gestión efectiva de la base de datos, ésta estructura consiste en la descripción de los campos y los datos que hacen parte del registro.

Una tabla de datos es un objeto que se define y utiliza para almacenar la información sobre un tema o asunto particular. Y al conjunto de campos para un

mismo objeto de la tabla se le denomina registro o fila, así todos los campos de una tabla forman un registro.

Una consulta es un objeto que proporciona una visión personal de los datos almacenados en las tablas ya creadas. Existen varios tipos de consultas para seleccionar, actualizar, borrar datos, etc., pero en principio se utilizan para extraer de las tablas los datos que cumplen ciertas condiciones.

El modo de acceso a las bases de datos relacionales opera sobre los datos, no actúa sobre registros, sino sobre operaciones completas. Además, es posible codificar de una manera simple las consultas complejas por claves múltiples sobre varios archivos.

## **2.6 SOFTWARE UTILIZADO EN EL DESARROLLO DE EFIME 1.0**

### **2.6.1 BORLAND DELPHI 5 <sup>7</sup>**

Delphi es sin lugar a dudas el mejor entorno de desarrollo rápido de aplicaciones RAD (Desarrollo Rápido de Aplicaciones), con un potentísimo lenguaje, el *Object Pascal*, un compilador rapidísimo que nos permite crear ejecutables con una velocidad cercana al C++, y con múltiples posibilidades: *bases de datos, multimedia, Web, etc.* No cabe duda que es un lenguaje del siglo XXI, con el permiso, claro esta de Java.

Delphi, desciende por decirlo de alguna manera, del mítico lenguaje desarrollado por Niklaus Wirth en 1971, para facilitar la enseñanza de la programación estructurada, y que le puso el nombre del tan celebre filósofo y matemático francés Pascal.

---

<sup>7</sup> <http://www.borland.com>

### ***Características***

- ✦ Herramienta de desarrollo más rápida y productiva para la Web y desarrollo de Bases de Datos.
- ✦ Velocidad de ejecución, compilación y enlace cercanos al C++, y por lo tanto mucho mejores que otros lenguajes existentes.
- ✦ Programación Orientada a Objetos verdadera, permite encapsulamiento, herencia y polimorfismo.
- ✦ Componentes integrados dentro del lenguaje, lo que reduce considerablemente la utilización de librerías y controles externos, por lo tanto menos problemas para nosotros y el usuario.
- ✦ Tratamiento de errores mediante excepciones, lo que impide el típico error de programa que nos echa fuera.
- ✦ Soporte avanzado de Bases de Datos mediante BDE (Borland Database Engine), ADO (ActiveX Database Objects), tecnología de Microsoft de acceso a Bases de Datos e Internet, y finalmente InterBase Express, acceso nativo a InterBase, para desarrollo Cliente/Servidor off-line.
- ✦ Modelo de datos y relaciones de forma visual.
- ✦ Asistentes y componentes para Internet/Intranet.
- ✦ Componentes compatibles con Microsoft Office.
- ✦ Fácil integración de informes y gráficos de gestión.
- ✦ Facilidad en la distribución de aplicaciones con el InstallShield Express.

### **2.6.2 MySQL-Front <sup>8</sup>**

El MySQL-front es un frente gráfico para la base de datos de MySQL. Como es una aplicación en tiempo "real", puede ofrecer una interfaz de usuario más refinada, que es posible con sistemas construidos en PHP y HTML. La contestación es inmediata y no hay ningún retraso de recargar.

---

<sup>8</sup> <http://www.mysql-front.com/>

Una aplicación tiene mando total del despliegue gráfico; la información puede presentarse tan claramente como es posible. El MySQL-front presenta los datos en una tabla.

El programa hace posible realizar toda la administración esencial de los datos de la base de datos, como crear/cambiar una estructura, mientras ver/crear los datos; nos permite hacer la ejecución directa de las órdenes de SQL fácil y cómodamente. Además, permite editar cambios en los componentes de las tablas, así como crear nuevas tablas y bases de datos.

### ***Facilidad de Uso:***

- ✦ Windows soporta el uso de todos los elementos.
- ✦ Menú de sugerencias estructurado claramente.
- ✦ Uso Eficaz del teclado o del ratón (lo que el usuario prefiera).
- ✦ Los Datos se estructuran de la misma forma que en el Explorador de Windows
- ✦ Diálogos Interactivos para editar la estructura de los datos.
- ✦ Manual detallado para aprender a utilizar el MySQL-front.

### ***Administración de la base de datos:***

- ✦ Apreciación global de los datos y de los procesos entre el cliente-servidor.
- ✦ Apreciación detallada del estado de servidor.
- ✦ Configuración de las variables del servidor.
- ✦ Seguridad en el nivel del organizador.
- ✦ Tablas de opciones de mantenimiento (chequeo, análisis, optimización, reparación).

### 2.6.3 DBDesigner 4 <sup>9</sup>

DBDesigner 4 es un sistema visual para diseñar bases de datos, que integra el diseño de la base de datos, mientras se hace la creación, diseño y mantenimiento en un solo ambiente.

Combina rasgos profesionales y una interfaz de usuario clara y simple, para ofrecer de manera más eficaz la creación de las bases de datos. DBDesigner 4 es comparable a los productos como el Designer© de Oracle, el Rose© Racional de IBM, el ERwin© de CA y los Datos de la Compañía Architect©, pero es un Proyecto de Open Source disponible para Microsoft Windows© 2k/XP y Linux KDE/Gnome.

DBDesigner 4 se desarrollo y perfeccionó para el MySQL-Database de Open Source para apoyar a los usuarios de MySQL con una herramienta de diseño poderosa y libre.

Todos los rasgos específicos de MySQL se han incorporado en DBDesigner 4 para ofrecer de manera más conveniente el diseño aplicación de los comandos de MySQL-Database.

En DBDesigner 4, se trabaja siempre dentro de un modelo. Un modelo es una visualización de la información guardada en una base de datos (por ejemplo las Tablas e Índices, las Relaciones,...). Aunque es posible guardar los datos iniciales directamente para cada tabla en el modelo, sólo representa la información, no los propios datos.

Se puede crear y desarrollar tantos modelos como se necesiten, mientras se maneja un número ilimitado de objetos. Un objeto puede ser una tabla de la base de datos con sus índices, una relación entre dos tablas, una nota. Los modelos pueden ser diseñados poniendo estos objetos en el área de trabajo del modelo o

---

<sup>9</sup> [www.fabforce.net](http://www.fabforce.net) ; [www.MySQL-Database.com](http://www.MySQL-Database.com)

pueden recuperarse de bases de datos existentes, que usan la función de la ingeniería inversa.

Los modelos se guardan en los archivos XML o pueden guardarse directamente dentro de la base de datos, la cual permite el acceso distribuido al modelo. La interfaz del usuario de DBDesigner se basa en los estándares de diseño de las industrias del software normal, esto hace que desarrollar y crear una base de datos en este ambiente sea muy fácil.

### **3. DESARROLLO DE EFIME 1.0**

#### **3.1 ANALISIS DE REQUISITOS**

El curso de la Fisiología Médica en la UIS, actualmente, se dicta a los estudiantes de tercer nivel de la carrera de Medicina que han aprobado las asignaturas de ciencias básicas de Física, Biología, Química y Morfología Humana, las cuales son requisitos fundamentales para la comprensión e integración del funcionamiento de los sistemas del hombre. Complementario a esto, en la asignatura se desarrollan una serie de talleres, que ayudan al estudiante a practicar y fortalecer los conocimientos adquiridos durante la cátedra, ya que el método de enseñanza es tradicional, es decir, se basa en la transmisión de conocimientos.

Para el estudio de los requisitos de este software educativo, se tuvo en cuenta una encuesta realizada con los estudiantes de tercer nivel de Medicina de la UIS, la cual arrojó los siguientes resultados:

##### **3.1.1 Problemas Educativos**

- ✿ Se dedica muy poco tiempo al estudio de la Fisiología, por parte de los estudiantes.
- ✿ La realización de los talleres, permite tener una mejor asimilación de los conocimientos adquiridos en la cátedra.
- ✿ La Fisiología exige estar en un constante estudio, para obtener un mejor desempeño a la hora de realizar diagnósticos médicos más acertados y confiables.

- ☀ La enseñanza de la Fisiología necesita de material didáctico para apoyar el aprendizaje de ciertos conceptos, difíciles de asimilar en el papel.
- ☀ El estudiante de Medicina no se prepara correctamente para la presentación del examen de Fisiología, ya que dedica su tiempo para el estudio de otras asignaturas.

### **3.1.2 Especificación de Requisitos**

Elaborar una herramienta software para la evaluación de los conocimientos de Fisiología Médica, adquiridos por los estudiantes de Medicina de la UIS durante el semestre, teniendo en cuenta que:

- ☀ Se necesita de una clave de acceso que le permita al usuario hacer un seguimiento personalizado de sus logros en el estudio de la Fisiología.
- ☀ Debe tener un módulo de registro al iniciar el programa, si el usuario utiliza por primera vez la herramienta.
- ☀ Los diferentes temas a evaluar por la herramienta son: *Líquidos y Electrolitos, Fisiología Celular, Neurofisiología Básica, Neurofisiología del Sistema Nervioso Central y Periférico, Sentidos Especiales, Cardiología, Neumología, Fisiología Renal, Hematología, Gastroenterología, Endocrinología, Fisiología del Ejercicio e Integración Clínico-Fisiológica.*
- ☀ Debe tener un módulo para observar el historial de las evaluaciones el estudiante ha desarrollado y sus respectivos logros.
- ☀ Es necesario implementar un módulo de ayuda para guiar al estudiante en la utilización del software.

- ✳ Se requiere una opción que permita al estudiante cerrar su sesión de trabajo para que otro pueda utilizar la herramienta sin necesidad de salir de la aplicación.
- ✳ Debe tener una opción que permita al estudiante elegir la forma de presentar su examen, es decir, por temas, examen general, cantidad de preguntas, tiempo de presentación.
- ✳ Las preguntas de la evaluación deben presentarse en forma aleatoria.
- ✳ En el proceso de evaluación cuando el estudiante selecciona una respuesta incorrecta, debe recibir una observación con la respuesta correcta, una explicación de la misma y una bibliografía donde puede complementarla.

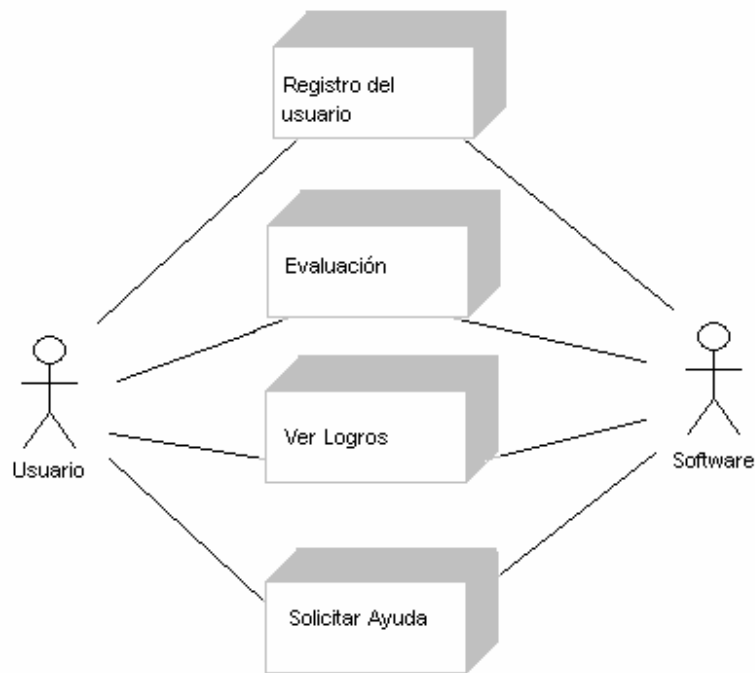
## **3.2 DISEÑO DE LA HERRAMIENTA**

Como ya se dijo anteriormente, para el diseño de EFIME 1.0 se utilizó el *Lenguaje Unificado de Modelado (UML)*. Inicialmente se hicieron los modelos desde el punto de vista del usuario y luego teniendo en cuenta la operatividad del sistema.

Se presentan los diagramas de Casos de Uso y de Actividad para visualizar y documentar el software.

### **3.2.1 Arquitectura del Sistema**

La arquitectura de EFIME 1.0 plantea la necesidad de crear cuatro operaciones fundamentales que involucran al usuario del software, como el destinatario de todos los servicios que presta la herramienta; el software como tal, que se encarga de satisfacer los requerimientos del estudiante por medio de los diferentes módulos del sistema.



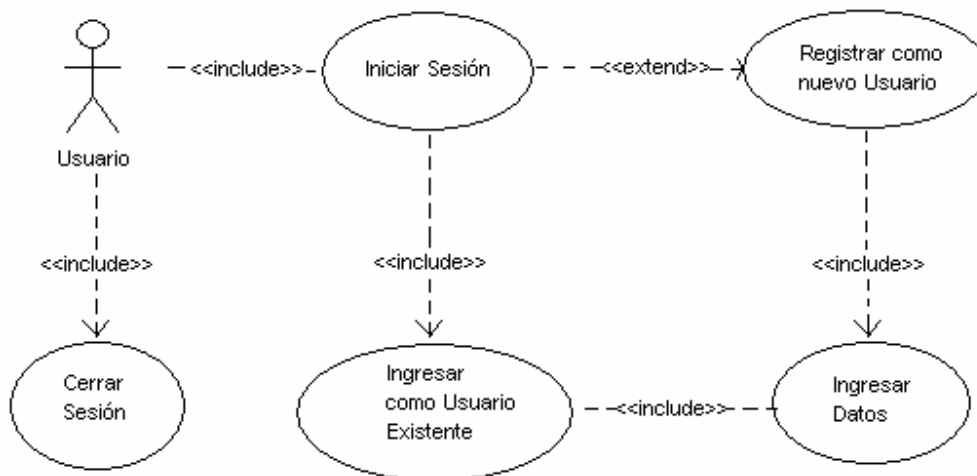
**Figura 1. Arquitectura del Sistema**

### **3.2.2 Módulos del Sistema**

EFIME 1.0 se diseño con base a cuatro módulos principales:

- ④ Módulo de Registro
- ④ Módulo de Evaluación
- ④ Módulo de Logros
- ④ Módulo de Ayuda

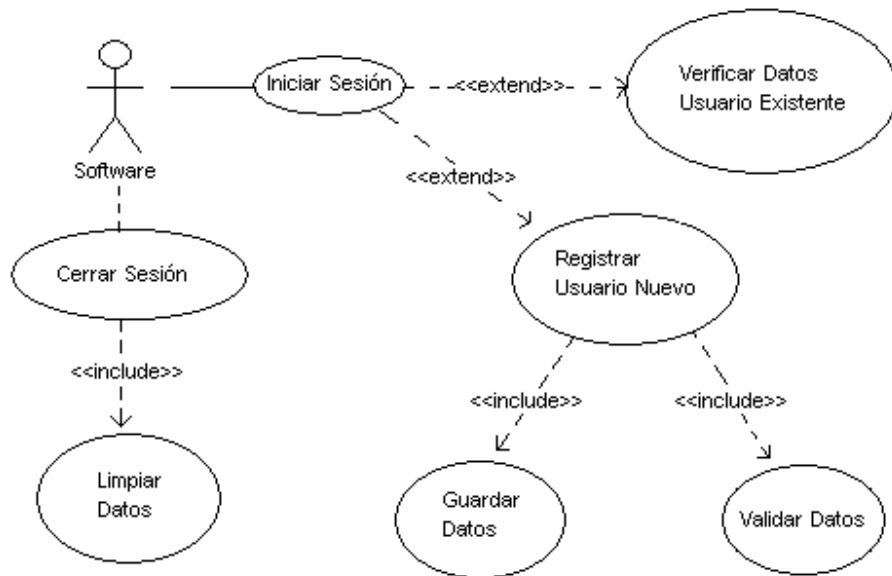
### 3.2.2.1 Módulo de Registro



**Figura 2. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Registro, Vista de Usuario**

Cuando un usuario entre en el sistema debe pasar por el proceso de registro, con el fin de habilitar su ingreso al software.

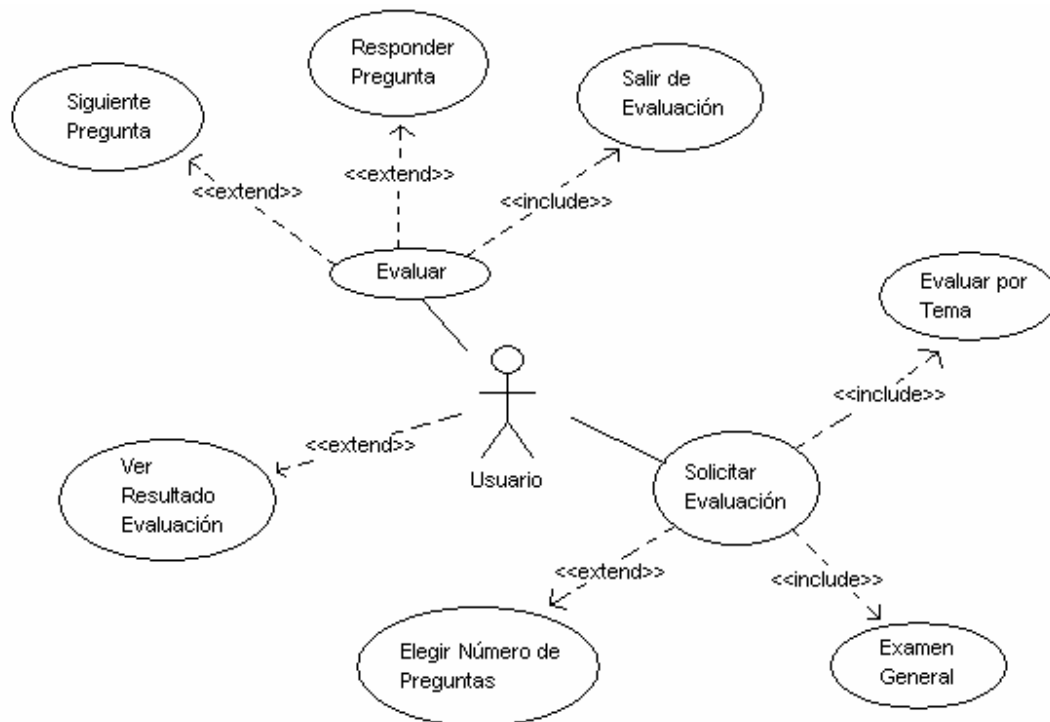
- 🕒 **Iniciar Sesión:** permite ingresar al software, si es la primera la vez que el usuario utiliza el software, debe **Registrarse Como Nuevo Usuario** para determinar el Nombre de Usuario y la Clave o password que utilizara en próximos inicios de sesión. En el caso de que el usuario ya se encuentre registrado en el software, solo debe ingresar su Nombre de Usuario y Clave, para ingresar sesión de trabajo en EFIME 1.0.
- 🕒 **Cerrar Sesión:** este caso de uso termina la sesión del usuario que esta utilizando el sistema y es llamado cuando se cierra el software o cuando se le quiere dar paso a un nuevo usuario.



**Figura 3. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Registro, Vista Software**

En el caso de EFIME 1.0 cuando un usuario da **Inicio de Sesión** este debe o bien **Verificar** los **Datos Existentes** del usuario cuando este ya se ha registrado o iniciar el **Registro** de un **Usuario Nuevo**, para lo cual debe **Validar Datos** del usuario cuando este los haya tecleado y proceder a **Guardar Datos** en el caso de que sean correctos. Por otra parte, cuando se da la orden para **Cerrar Sesión** se debe **Limpiar** todas las variables de usuario que se cargaron al iniciar la sesión.

### 3.2.2.2 Módulo de Evaluación



**Figura 4. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Evaluación, Vista de Usuario**

En el Caso de Uso **Solicitar Evaluación**, el usuario puede elegir entre tres opciones, que son:

- 🕒 **Evaluar por Tema:** este tipo de evaluación tiene como fin evaluar al usuario en un tema específico, que es escogido por él, permitiendo así que el usuario evalúe su nivel de aprendizaje en la lección que él eligió.
- 🕒 **Examen General:** esta opción da paso a una evaluación de todos los temas tratados en el curso de Fisiología, ayudando al usuario a evaluar y reforzar los conocimientos adquiridos durante el semestre.

- ⊗ **Elegir el Número de Preguntas:** permite al usuario escoger la cantidad de interrogantes a resolver en su evaluación.

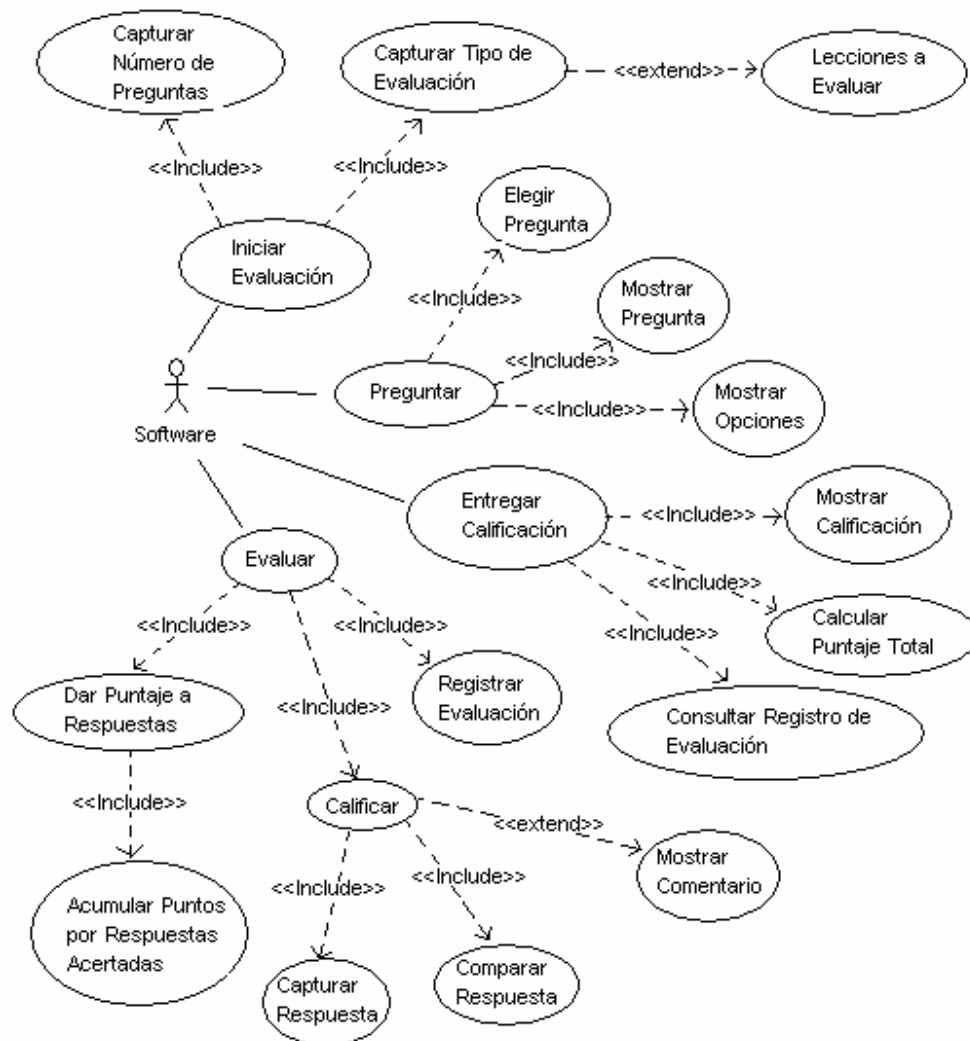
En el Caso de Uso **Evaluar** el usuario puede:

- ⊗ **Responder Pregunta:** esta opción permite al usuario responder a la pregunta que se le hace.
- ⊗ **Siguiente Pregunta:** esta opción es válida para el caso en que el usuario ya hay contestado una pregunta y desee continuar con la siguiente pregunta del examen.

Por último tenemos el Caso de Uso **Ver Resultados** de la **Evaluación**, que será utilizado cuando se ha finalizado una evaluación.

En la siguiente figura se muestra el Caso de Uso con el comportamiento del sistema cuando se ingresa al módulo de evaluación.

Cuando el usuario inicia el módulo de evaluación, elige el tipo de evaluación que desea realizar y establece el número de preguntas a responder. Por tanto el software al **Iniciar** una **Evaluación** captura el **Tipo de Evaluación**, si es el caso de **Evaluación General** y el **Número de Preguntas**.



**Figura 5. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Evaluación, Vista Software**

El software es el encargado de **Preguntar**, para lo cual realiza los siguientes procesos:

- Ⓢ **Elegir una Pregunta:** el software elige una pregunta en forma aleatoria de la Base de Datos, con el fin de que no siempre las evaluaciones sean las mismas.

- ④ **Mostrar Pregunta:** permite que el usuario visualice la pregunta que va a resolver.
- ④ **Mostrar Opciones:** muestra las posibles respuestas que el usuario puede dar a la pregunta que se realizó y de las cuales debe escoger una para continuar con la evaluación.

Cuando el usuario da la orden de **Evaluar**, el software inicia los siguientes procesos:

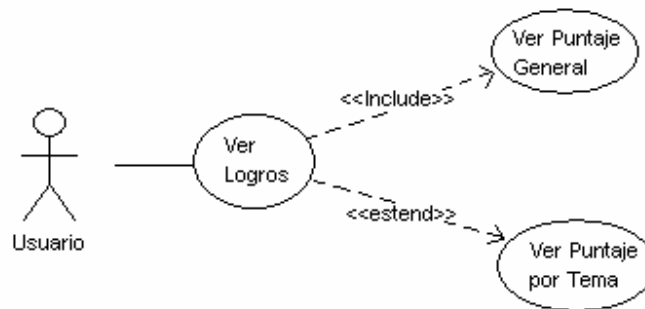
- ④ **Calificar:** este caso de uso debe **Capturar** la **Respuesta** que dio el usuario, luego **Comparar** esta **Respuesta** con la correcta y en caso de que no sean iguales debe **Mostrar** un **Comentario** como explicación de su error.
- ④ **Dar Puntaje a Respuestas:** para determinar el puntaje que obtiene un usuario en una pregunta, el software debe **Acumular los Puntos por Respuestas Acertadas**.
- ④ **Registrar Evaluación:** luego de haber obtenido el puntaje alcanzado por el usuario en una pregunta, el software debe registrar en la Base de Datos el puntaje de la evaluación.

Finalizada una evaluación el usuario debe recibir un reporte de sus logros, por lo cual el software inicia el proceso de **Entregar la Calificación**, para lo cual utiliza los siguientes casos de uso:

- ④ **Consultar Registro de Evaluación:** el software consulta la Base de Datos para obtener los puntajes que el usuario alcanzó en cada una de los temas evaluados.

- 🕒 **Calcular Puntaje Total:** con el puntaje de cada tema de la evaluación, se calcula el puntaje total de la evaluación.
- 🕒 **Mostrar Calificación:** despliega los puntajes obtenidos por tema y el puntaje total.

### 3.2.2.3 Módulo de Logros

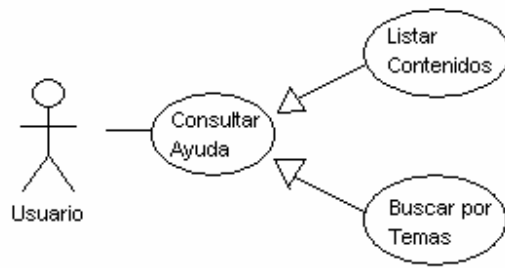


**Figura 6. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Logros**

El usuario de EFIME 1.0 puede ver los resultados de todas sus evaluaciones para determinar sus falencias y fortalezas. El caso de uso **Ver Logros** incluye **Ver Puntaje General**, es decir, puede ver los resultados finales de las evaluaciones que ha presentado. O puede **Ver Puntaje por Tema**, para en detalle el puntaje que obtuvo en una evaluación.

### 3.2.2.4 Módulo de Ayuda

El módulo de ayuda le permite al usuario realizar una consulta sobre como utilizar de forma adecuada la herramienta.



**Figura 7. Diagrama de Caso de Uso, Módulo de Ayuda**

El módulo de ayuda brinda las siguientes opciones:

- 🕒 **Listar Contenidos:** muestra una lista de todos los temas contemplados en el módulo de ayuda.
- 🕒 **Buscar por Tema:** despliega los resultados de una búsqueda en la cual especifica el nombre de un tema en particular.

### 3.3 IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA

#### 3.3.1 Descripción de la Base de Datos

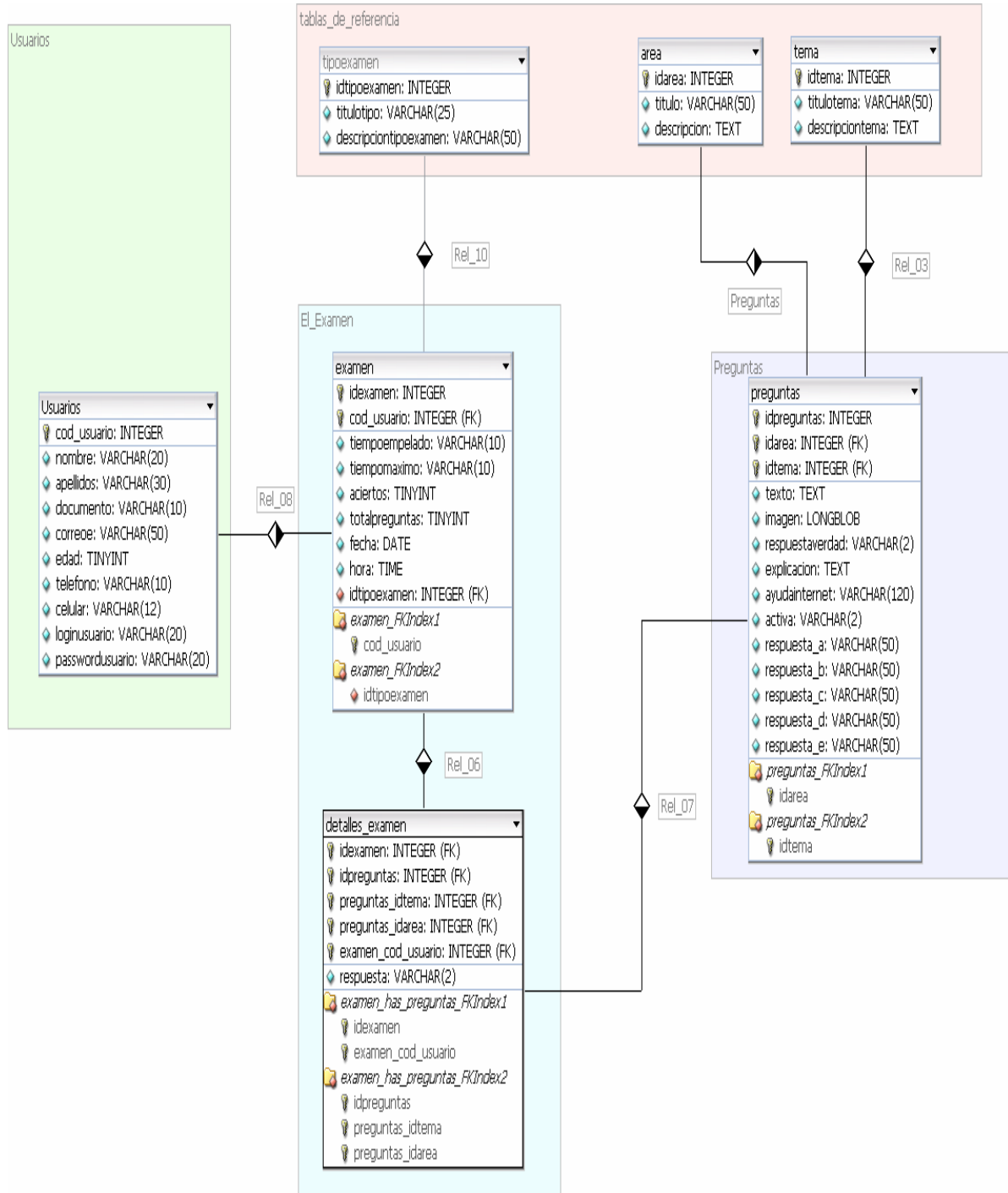


Figura 8. Diagrama Entidad - Relación

La **Base de Datos (Figura 8)** del software contiene las siguientes tablas:

**usuarios:** contiene los datos del usuario que está registrado en el software.

- ✱ **cod\_usuario:** es la llave principal de la tabla, sirve como identificador del usuario. Tipo Int.
- ✱ **nombre:** nombre(s) del usuario. Tipo VarChar.
- ✱ **apellidos:** apellido(s) del usuario. Tipo VarChar.
- ✱ **documento:** número del documento de identidad del usuario. Tipo VarChar.
- ✱ **correo:** correo electrónico del usuario. Tipo VarChar.
- ✱ **edad:** edad del usuario. Tipo TinyInt.
- ✱ **teléfono:** número telefónico del usuario. Tipo VarChar.
- ✱ **celular:** número celular del usuario. Tipo VarChar.
- ✱ **loginusuario:** nickname con el que el usuario desea ser reconocido por el software al iniciar sesión. Tipo VarChar.
- ✱ **passwordusuario:** es la clave secreta que el usuario escogió para ingresar al software. Tipo VarChar.

**examen:** contiene la información de los exámenes presentados por el usuario.

- ✱ **idexamen:** es la llave principal de la tabla, contiene el identificador de cada evaluación. Tipo Int.
- ✱ **cod\_usuario:** llave foránea de la tabla. Hace referencia al identificador del usuario que realizó la evaluación. Tipo Int.
- ✱ **tiempoempleado:** tiempo que tardo el usuario en presentar la evaluación. Tipo VarChar.
- ✱ **tiempomaximo:** tiempo que limite que tiene el usuario para presentar el examen.
- ✱ **aciertos:** número de respuestas acertadas por el usuario al presentar el examen. Tipo TinyInt.

- ✨ **totalpreguntas:** contiene el número total de preguntas resueltas por el usuario en el examen. Tipo TinyInt.
- ✨ **fecha:** fecha en la cual se presento el examen. Tipo Date.
- ✨ **hora:** hora en la cual se presento el examen. Tipo Time.
- ✨ **idtipoexamen:** es una llave foránea, que contiene el identificador del examen que presento el usuario. Tipo Int.

**detalles \_ examen:** en esta tabla se encuentra en detalle los datos del examen presentado por el usuario.

- ✨ **idexamen:** llave foránea de la tabla, contiene el identificador de cada evaluación. Tipo Int.
- ✨ **idpreguntas:** llave foránea de la tabla, contiene el identificador de las preguntas de la evaluación. Tipo Int.
- ✨ **preguntas\_idtema:** llave foránea de la tabla, contiene el identificador de las preguntas por temas. Tipo Int.
- ✨ **preguntas\_idarea:** llave foránea de la tabla, contiene el identificador de las preguntas por área. Tipo Int.
- ✨ **examen\_cod\_usuario:** llave foránea de la tabla, contiene el código del usuario que presento el examen. Tipo Int.
- ✨ **respuesta:** contiene las posibles respuestas con respecto a la pregunta de la evaluación. Tipo VarChar.

**tipoexamen:** contiene los datos de las evaluaciones que el usuario puede presentar.

- ✨ **idtipoexamen:** llave principal de la tabla. Contiene el identificador del tipo de examen que el usuario puede presentar. Tipo Int.
- ✨ **titulotipo:** contiene la información del tipo de examen que se puede presentar.

☀ **descripciontipoexamen:** describe brevemente como es el tipo de examen a presentar. Tipo VarChar.

**area:** contiene los datos de las diferentes áreas que serán evaluadas.

☀ **idarea:** llave principal de la tabla, contiene el identificador de las áreas. Tipo Int.

☀ **titulo:** contiene el titulo del área que será evaluada. Tipo VarChar.

☀ **descripción:** contiene una breve descripción del área a evaluar. Tipo text.

**tema:** hace referencia a los datos de los temas que serán evaluados por la herramienta.

☀ **idtema:** llave principal de la tabla, contiene el identificador que hace relación al tema a evaluar. Tipo Int.

☀ **titulotema:** titulo de los temas a evaluar. Tipo VarChar.

☀ **descripciontema:** contiene una breve descripción del área a evaluar. Tipo text.

**preguntas:** en esta tabla se encuentran todas las preguntas que hacen parte de la herramienta.

☀ **idpreguntas:** llave principal de la tabla, contiene el identificador de las preguntas de la evaluación. Tipo Int.

☀ **idarea:** llave foránea de la tabla, contiene el identificador de las áreas. Tipo Int.

☀ **idtema:** llave foránea de la tabla, contiene el identificador que hace relación al tema a evaluar. Tipo Int.

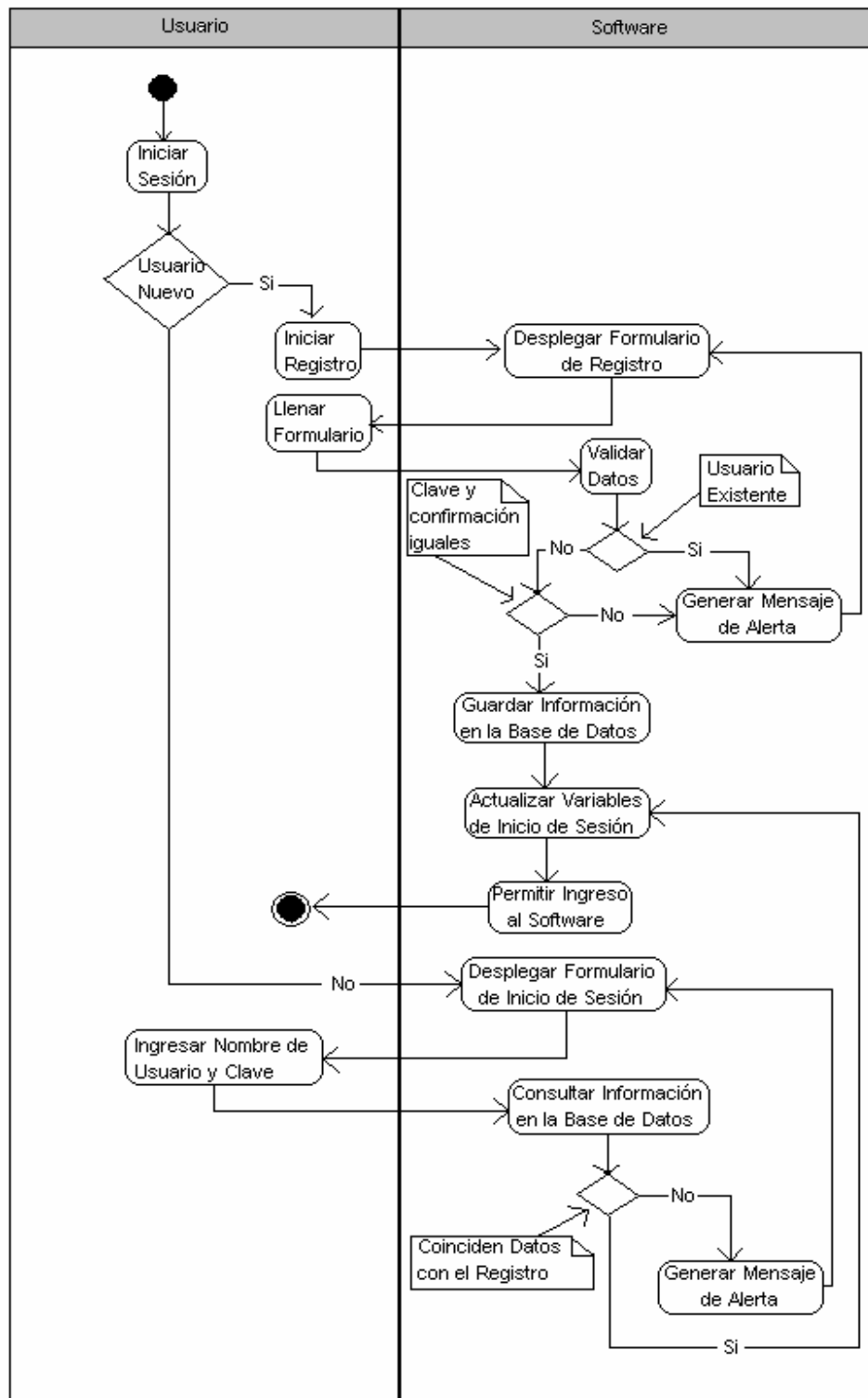
☀ **texto:** contiene el texto de la pregunta. Tipo Text.

☀ **imagen:** contiene la imagen relacionada con la pregunta. Tipo LongBlob.

- ✳ **respuestaverdad:** contiene la respuesta verdadera a la pregunta. Tipo Char.
- ✳ **explicación:** breve explicación de la respuesta verdadera asociada a la pregunta. Tipo Text.
- ✳ **ayudainternet:** este campo muestra una dirección en Internet en la cual puede encontrar más información acerca de la pregunta de la evaluación. Tipo VarChar.
- ✳ **activa:** muestra si la pregunta se puede o no mostrar en la evaluación. Tipo Char.
- ✳ **respuesta\_a:** contiene la primera posible respuesta a la pregunta. Tipo VarChar.
- ✳ **respuesta\_b:** contiene la segunda posible respuesta a la pregunta. Tipo VarChar.
- ✳ **respuesta\_c:** contiene la tercera posible respuesta a la pregunta. Tipo VarChar.
- ✳ **respuesta\_d:** contiene la cuarta posible respuesta a la pregunta. Tipo VarChar.
- ✳ **respuesta\_e:** contiene la quinta posible respuesta a la pregunta. Tipo VarChar.

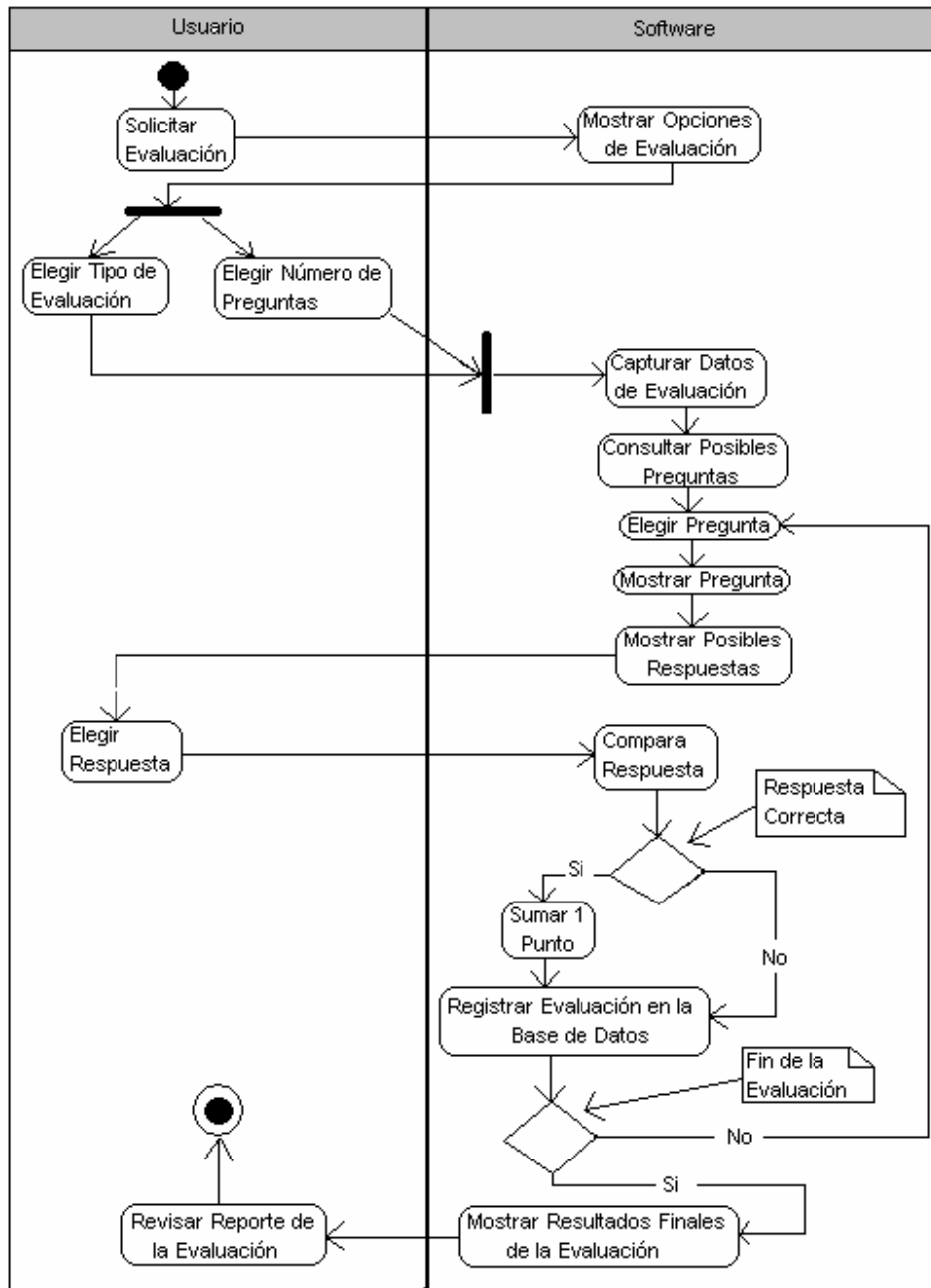
### 3.3.2 Diagramas de Actividad

#### ***Modelo de Actividad para el Módulo de Iniciar Sesión***



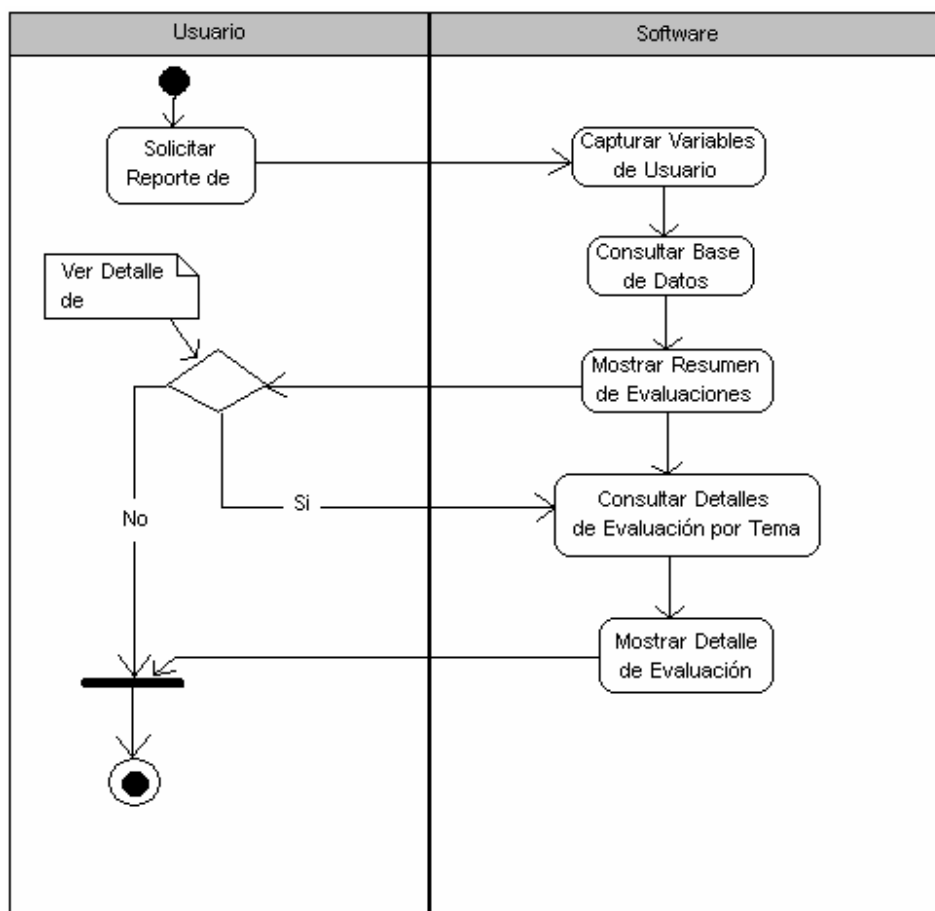
**Figura 9. Diagrama de Actividad, Módulo de Iniciar Sesión**

**Modelo de Actividad para el Módulo de Evaluación**



**Figura 10. Diagrama de Actividad, Módulo de Evaluación**

**Modelo de Actividad para el Módulo de Logros**



**Figura 11. Diagrama de Actividad, Módulo de Logros**

## 4. CONCLUSIONES

- ✿ Se logro desarrollar una herramienta que permite hacer una evaluación de los conocimientos adquiridos por los estudiantes de Medicina, en la asignatura *Fisiología Medica*, permitiéndole además establecer su nivel de percepción mediante los diferentes exámenes presentados.
- ✿ El desarrollo de herramientas computacionales que apoyen los procesos educativos, como motores del desarrollo humano ofrecen un amplio campo de aplicación y de sentida necesidad en la Universidad.
- ✿ El proceso unificado de desarrollo de software, ofrece un marco de trabajo para transformar las necesidades de los usuarios en un sistema software, proporcionándonos una guía ordenada para el desarrollo de las actividades y la posibilidad de incluir nuevos requisitos durante la elaboración del proyecto y que surgen cuando se realiza un trabajo interdisciplinario.
- ✿ El lenguaje unificado de modelado (UML), permite estructurar el diseño del software de una forma clara y precisa, describiendo la herramienta por medio de diagramas para obtener de esta forma, beneficios en el tiempo de análisis y la eficiencia de los procesos.
- ✿ Se debe reconocer el papel que desempeña el Ingeniero de Sistemas en la elaboración de materiales educativos computarizados, ya que se encarga de correlacionar la información recopilada y establecer los ambientes adecuados que propicien el aprendizaje del objeto de estudio.
- ✿ Las diferentes teorías del aprendizaje son muy importantes en el desarrollo de materiales educativos computacionales, ya que nos permiten establecer

los parámetros por los cuales el estudiante lograra asimilar el aprendizaje de los diferentes temas tratados en el software.

- ✿ El área de la informática educativa tiene muchos campos de aplicación, no solo en las instituciones educativas, sino en cualquier tipo de organización, ya que en todo momento se hace necesario el aprendizaje de conceptos y el desarrollo de habilidades que le permitan al individuo desempeñarse efectivamente en su campo de trabajo.

## 5. RECOMENDACIONES

- ✿ El diseño de la herramienta permite que el usuario evalúe a su criterio el contenido de los diferentes temas tratados en la asignatura, pero se recomienda realizar las evaluaciones de forma secuencial, para garantizar un desarrollo estructurado del aprendizaje.
- ✿ Es importante que el usuario de la herramienta realice las evaluaciones por temas, antes de adentrarse en una evaluación general, para que así pueda establecer su nivel inicial de conocimientos en cada tema tratado por el software.
- ✿ Para el desarrollo de futuras versiones de este software, se puede aumentar los temas con base a otras asignaturas, como por ejemplo añadir un módulo para evaluar los conocimientos adquiridos en las asignaturas de *Anatomía*, *Bioquímica*, *Microbiología*, *Patología* o cualquier otra área perteneciente a la medicina, para generar una versión más avanzada del software.
- ✿ Para ampliar el banco de datos de este software, existe una aplicación complementaria, que facilita el ingreso de nuevas preguntas; pero esta aplicación es de uso exclusivo del administrador de la herramienta.
- ✿ En la Universidad debe promoverse entre los futuros profesionales el trabajo interdisciplinario, estableciendo estrategias para integrar los diferentes grupos de investigación con el fin de elaborar aplicaciones encaminadas a satisfacer necesidades computacionales en otras áreas del conocimiento.

## **BIBLIOGRAFIA**

DE SUBIRIA, Julián. Los Modelos Pedagógicos. Enfoque conceptual.1994

ENTWISTLE, Noel. La Comprensión del Aprendizaje en el Aula. Barcelona. Paidós. 1980

GUALDRON DIAZ, Ana Milena; Menco Orozco, Ricardo José. Software Educativo Multimedia para el Aprendizaje de la Electrocardiografía "EKG-TUTOR". Director: Alfonso Mendoza Castellanos. Codirector: Dr. Oscar Leonel Rueda Ochoa. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Tesis (pregrado). 2002

FOWLER, Martín. SCOTT, Kendall. UML Gota a Gota. Editorial Pearson Educación. 1999.

GALVIS PANQUEVA, Alvaro H. Ingeniería del Software Educativo. Santafé de Bogotá. Ediciones Unidas. 1994

GUYTON, ARTHUR C. Fisiología Médica. 2001

JACOBSON, Ivar. BOOCH, Grady. RUMBAUGH, James. El Lenguaje Unificado de Modelado. Editorial Addison Wesley. 1999.

KORTH. Fundamentos de bases de datos. Editorial McGraw Hill. 1998.

OLIVEROS VILLAMIZAR, GERMAN. Manual de Fisiología Médica. 2000

OLIVEROS VILLAMIZAR, GERMAN. Manual de Practicas de Laboratorio de Fisiología Médica. Universidad Industrial de Santander. 2000

PACHECO, XAVIER; TEIXEIRA, STEVE. Guía de Desarrollo Delphi 5.

POZO, Juan Ignacio. Teorías Cognitivas del Aprendizaje. Ediciones Morata. 1989

PRESSMAN, Roger S. Ingeniería del Software. Editorial McGraw Hill. Quinta Edición.

ROSCH, Winn. Todo Sobre Multimedia. México. Prentice-Hall Interamericana S.A. 1996

SIERRA LUNA, Ana Catalina; CASTELLANOS URIBE, Sandra Liliana. Herramienta Software que Apoya la Enseñanza y el Aprendizaje de la Estructura y Fisiología Celular. Directores: Dagoberto Arrieta Prieto, Martha Vitalia Corredor M. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Tesis (pregrado). 1998

<http://www.borland.com>

<http://www.mysql-front.com/>

[www.fabforce.net](http://www.fabforce.net)

[www.MySQL-Database.com](http://www.MySQL-Database.com)

<http://cardiovascular.cx/index.htm>

[www.galter.nwv.edu/hw/physiology](http://www.galter.nwv.edu/hw/physiology)

<http://ajpendo.physiology.org>

[www.physio.mcgill.ca](http://www.physio.mcgill.ca)

<http://depts.washington.edu/pbipage>

[www.brookscole.com/biology/member/student/humphisio/index.html](http://www.brookscole.com/biology/member/student/humphisio/index.html)

[www.kumc.edu/AMAMSS/study/physiology.htm](http://www.kumc.edu/AMAMSS/study/physiology.htm)

<http://www.ohsu.edu/clinweb/G.html>

[www.northland.cc.mn.us/physpt.htm](http://www.northland.cc.mn.us/physpt.htm)

[www.ajpgj.physiology.org](http://www.ajpgj.physiology.org)

[www.nsbri.org/HumanPhysSpace/index.html](http://www.nsbri.org/HumanPhysSpace/index.html)

[www.biophysj.org/](http://www.biophysj.org/)

[www.jn.physiology.org/](http://www.jn.physiology.org/)

[www.uams.edu/./physiology/phystitle.htm](http://www.uams.edu/./physiology/phystitle.htm)

[www.brookscale.com/biology/member/student/humphysio/index.html](http://www.brookscale.com/biology/member/student/humphysio/index.html)

<http://jn.physiology.org/>

<http://everest.radiology.uiowa.edu/>

CD ROM. Fisiología Serie Adams. (Cardiaco-Renal-Respiratorio).

CD ROM. Fisiología Serie Andrómeda. (Cardiaco).

PREPARACION EXAMENES DE CERTIFICACION DE LOS ESTADOS UNIDOS. USMLE  
STEP 1 & 2 PACK

☀ ALERT 1

☀ ALERT 2

☀ BSS step 1

☀ COMPASS/ARC

☀ KAPLAN 1

☀ KAPLAN 2

☀ NMS step 1

☀ NMS step 2

## ANEXOS

### ANEXO 1. Manual del Usuario

EFIME 1.0 es un software educativo multimedia para evaluar los conocimientos adquiridos por el estudiante de Medicina, en el área de *Fisiología Medica*; aunque también puede ser utilizado por médicos generales y personal del área de salud en general interesados en evaluar sus conocimientos cognitivos, con el fin de reforzarlos y mejorar prepararse para presentar los exámenes de certificación exigidos por las universidades, para valorar el nivel de sus médicos y futuros médicos.

#### Descripción General

El software aborda los temas más importantes relacionados con la *Fisiología Medica*; además, le permite al usuario de la herramienta valorar sus progresos cognitivos, ya sea por temas, por áreas o en general, mediante las distintas evaluaciones que contiene el software; también brinda al usuario llevar un registro detallado de sus logros y obtener ayuda sobre los temas tratados en la asignatura y sobre el uso del programa.

La pantalla inicial de EFIME 1.0 le brinda al usuario las opciones de:

- ✳ **Ingresar:** si el usuario ya esta registrado.
- ✳ **Registrar Nuevo Usuario:** si el usuario aún no se ha registrado; en este proceso el usuario crea una cuenta y una clave para acceder a la herramienta.
- ✳ **Salir:** si el usuario desea abandonar el programa.

En la parte inferior de la pagina principal se muestran los campos **Bienvenido, Usuario** – acá se muestra el *Login* del usuario cuando ingresa a la aplicación -, **Fecha y Hora** - en la cual ingresaron a la herramienta-.



**Figura 12. Pantalla Inicial**

### ***Registro***

Antes de empezar a utilizar la herramienta el usuario debe registrarse para poder continuar, de esta forma puede llevar un seguimiento pormenorizado y personalizado de sus avances.

Registro de Usuario

Por favor, tenga en cuenta que No deben existir campos en blanco.

Código: 19201018

Nombre: catalina esther

Apellido: quiñones sanabria

Documento de Identidad No.: 63539812

Correo Electrónico: cataq83hotmail.com

Celular: 315-8477011

Teléfono: 6394891

Edad (en años cumplidos): 22

Login: cataq

Password: \*\*\*\*\*

Repita el password: \*\*\*\*\*

Registrar Cancelar

**Figura 13. Registro Usuario Nuevo**

### ***Ingreso***

Si ud. Ha realizado previamente el proceso de registro, no debe volver a hacerlo cada vez que utilice la herramienta, basta con digitar su ***Login*** y ***Password*** para ingresar al programa.

Ingresar al sistema

Digite el Login: oscar

Digite el Password: \*\*\*\*\*

Ingresar Cancelar

**Figura 14. Ingresar al Sistema**

## **Menú Principal**

El menú principal muestra la lista de comandos y permite acceder a todas las utilidades de la herramienta.

Existen dos ventanas de menú principal, una es para el **Administrador** de la herramienta, y la otra es para los usuarios de la misma.

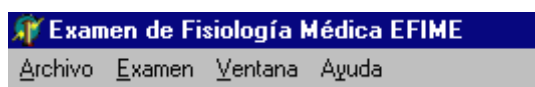
## **Menú Principal Sesión de Administrador**

El Administrador de la herramienta es el encargado de hacer el mantenimiento al software. El Administrador debe ser el primero en registrarse en la base de datos de la herramienta, para mayor seguridad el será el único, es decir, no habrá más Administradores.

La diferencia entre el menú de **Administrador** y el de **Usuario**, esta en la opción **Mantenimiento**, la cual solo esta activa para el **Administrador**, ya que es en esta opción donde se realizan todos los cambios en la herramienta, tales como: **ingresar y modificar preguntas, crear nuevos temas y áreas, ver el listado de usuarios y las estadísticas**, entre otras.



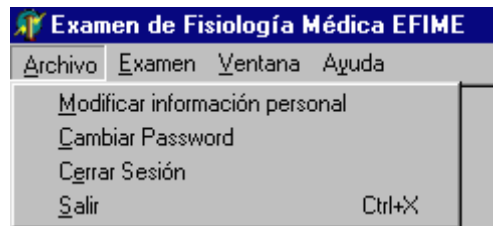
**Figura 15. Sesión Administrador**



**Figura 16. Sesión Usuario**

A continuación se explicaran las opciones que son comunes para ambos, y por último se explicara la opción **Mantenimiento**, que es solo para el **Administrador**.

## Archivo



**Figura 17. Menú Archivo**

Este menú es el mismo para el administrador y para el usuario. Presenta las opciones con las cuales el administrador o usuario puede **Modificar información personal**, **Cambiar password**, **Cerrar sesión** o **salir** completamente de la herramienta.

### **Modificar Información Personal:**

Por favor, tenga en cuenta que No deben existir campos en blanco.

Código	1991131
Nombre	Oscar Enrique
Apellido	Guerra CVargas
Documento de Identidad No.	91490655
Correo Electrónico	owar25@yahoo.es
Celular	311-4764737
Teléfono	6394891
Edad (en años cumplidos)	28

Registrar Cancelar

**Figura 18. Modificar Información Personal**

En este campo se pueden cambiar los datos de registro de la base de datos, en el momento que el usuario lo desee.

### ***Cambiar Password:***



**Figura 19. Cambiar Password**

Permite al usuario modificar su contraseña de ingreso a la herramienta en el momento que estime conveniente.

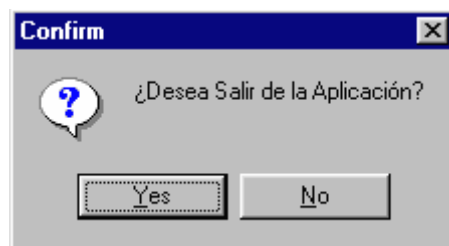
### ***Cerrar Sesión:***



**Figura 20. Cerrar Sesión**

Se utiliza en el caso de que otro usuario desee ingresar a la herramienta, así podrá iniciar sesión sin salir del software.

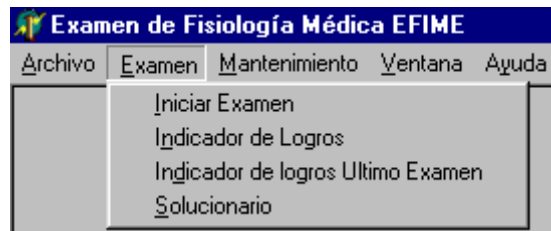
### ***Salir:***



**Figura 21. Salir**

Se utiliza cuando se desea salir completamente de la herramienta.

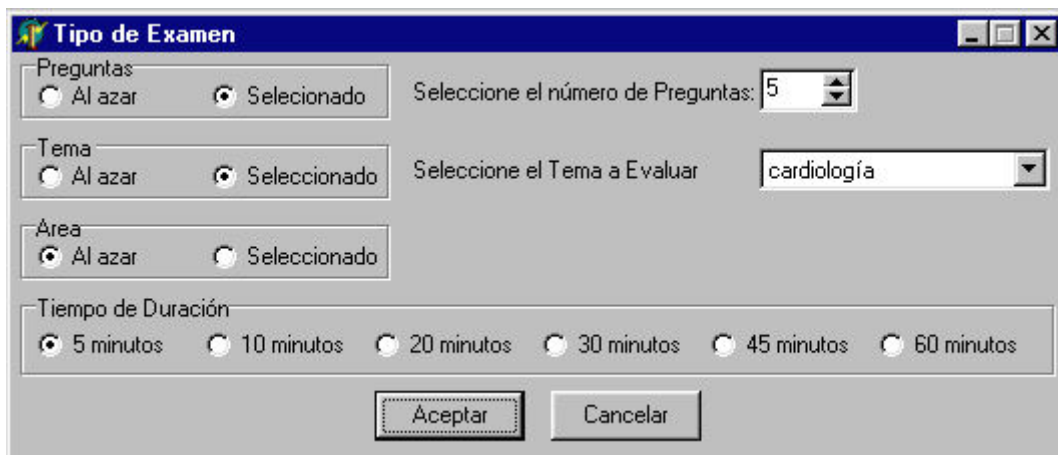
## **Examen**



**Figura 22. Menú Examen**

En este menú se encuentran las opciones de ***Iniciar Examen***, el ***Indicador de Logros***, el ***indicador de logros del último examen*** y el ***solucionario***; con las cuales el usuario podrá presentar el examen de ***Fisiología Médica***, y revisar como le fue en cada uno de las evaluaciones presentadas y revisar las preguntas con la respuestas correctas que están en la base de datos de la herramienta.

### ***Iniciar Examen:***



**Figura 23. Tipo de Examen**

En este cuadro, el usuario elige primero el ***Tipo de Examen*** que desea presentar, para esto puede elegir entre las diferentes opciones que muestra la herramienta.

***Preguntas:*** en esta opción el usuario puede elegir como quiere que sean el número de preguntas a contestar, ***al azar***, es decir la herramienta elige el número de preguntas que debe presentar el usuario, dependiendo también del

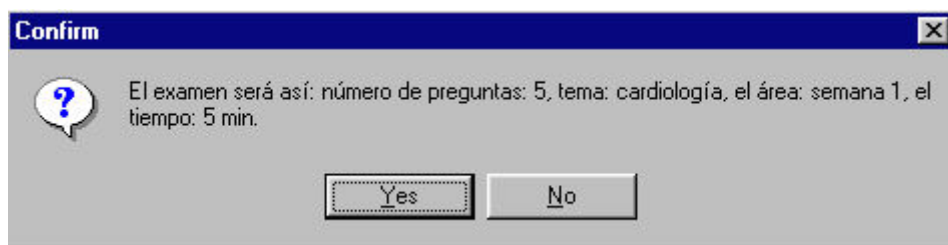
**Tiempo de Duración** que se elija; por ejemplo, para un examen de 60 minutos, el número máximo de preguntas es de 50.

Si el usuario elige el campo **Seleccionado**, el podrá elegir el número de preguntas que quiere contestar, teniendo en cuenta el tiempo limite por pregunta.

**Tema:** esta opción permite elegir el tema que se desea evaluar, los temas son definidos por el administrador de la herramienta, si se escoge la opción **al azar**, la herramienta elige en forma aleatoria los temas a evaluar; si se elige la opción **Seleccionado**, el usuario elige los temas que desea autoevaluarse, los cuales están contenidos en la Base de Datos, y son mostrados en una lista frente al texto **Seleccione el Tema a Evaluar**. Además, en esta opción se activa la casilla **Área**, en la cual se pueden elegir las áreas o subtemas que componen el tema a evaluar, ya sea **al azar** o **Seleccionado** de una lista de áreas, que esta frente al texto **Seleccione el Área a Evaluar**.

**Tiempo de Duración:** en esta casilla se elige el tiempo con el cual el usuario podrá contar para presentar la evaluación; cada tiempo tiene un límite de preguntas, teniendo en cuenta que el tiempo máximo por pregunta es de 60 segundos.

Después que el usuario a elegido el examen que desea presentar, se muestra una ventana resumen con la información que el ha elegido para presentar su examen.



**Figura 24. Resumen Examen Elegido**

**Figura 25. Presentación del Examen**

Esta ventana nos muestra el examen que el usuario está presentando. Nos muestra las casillas:

**Total preguntas:** en esta casilla se muestra el número de preguntas que el usuario eligió para contestar.

**Preguntas Contestadas:** esta casilla muestra el número de preguntas que el usuario lleva contestadas.

**Preguntas sin Contestar:** esta casilla muestra el número de preguntas que le faltan por contestar al usuario.

Además se muestran dos casillas de tiempos, una en la cual el tiempo disminuye y otra en la que aumenta, y a medida que transcurre el tiempo y el examen se está acabando, los números de las casillas van cambiando de color, para que el usuario esté pendiente y no se le acabe el tiempo antes de poder terminar el examen.

**Tiempo Transcurrido:** esta casilla muestra el tiempo que lleva presentando el examen.

**Tiempo Restante:** esta casilla muestra el tiempo que le queda al usuario para terminar el examen.

En el cuadro **Pregunta**, se encuentra el texto de la pregunta que debe ser contestada. En el cuadro **Imagen**, se muestra la imagen a la cual hace referencia la pregunta, siempre y cuando la pregunta conste de una imagen. En el cuadro **Respuestas**, se muestran las posibles respuestas de las cuales el usuario debe escoger la que él cree es la correcta, claro está que si no sabe o no esta seguro de su respuesta, tiene la opción de marcarla como no resuelta, para responderla más tarde.

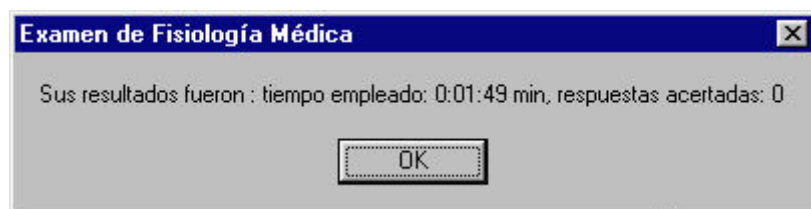
En la parte final de la ventana se encuentran los botones **Atrás y Siguiente**, con los cuales el usuario puede ir a una pregunta anterior o continuar con la siguiente pregunta.



**Figura 26. Examen, Terminar Examen**



**Figura 27. Confirmar, Terminar Examen**

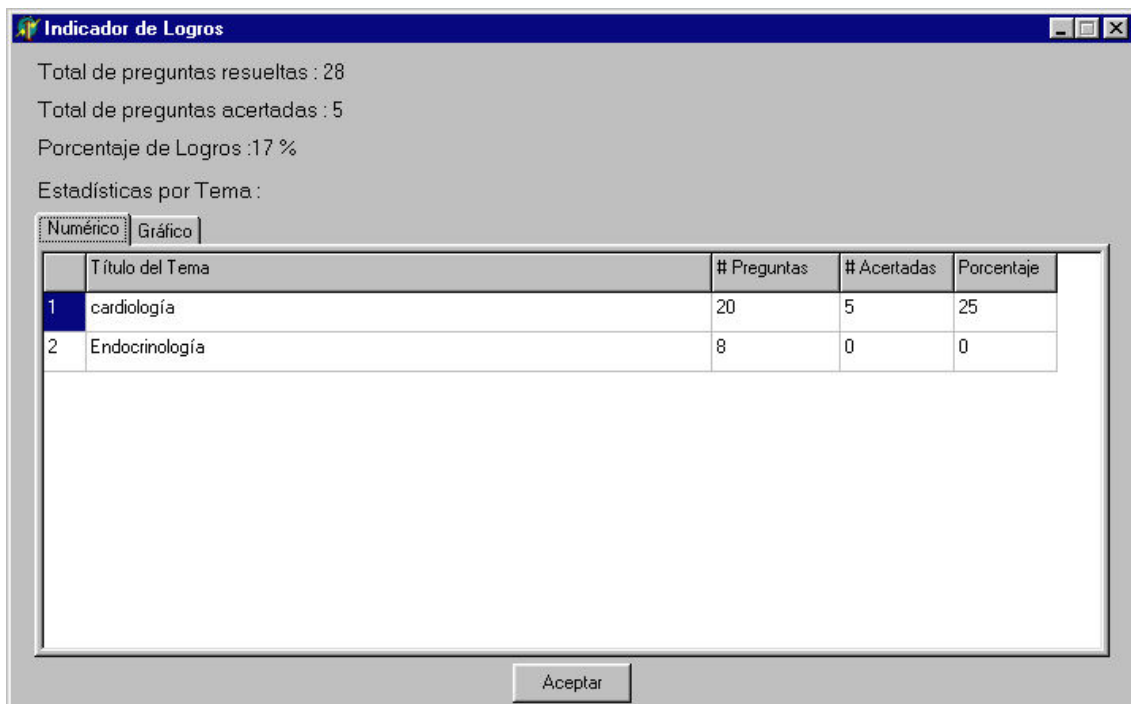


**Figura 28. Resumen, Resultados del Examen**

Para terminar el examen el usuario puede esperar a que acabe el tiempo o puede terminarlo cuando lo desee, eligiendo la opción **Examen (Terminar**

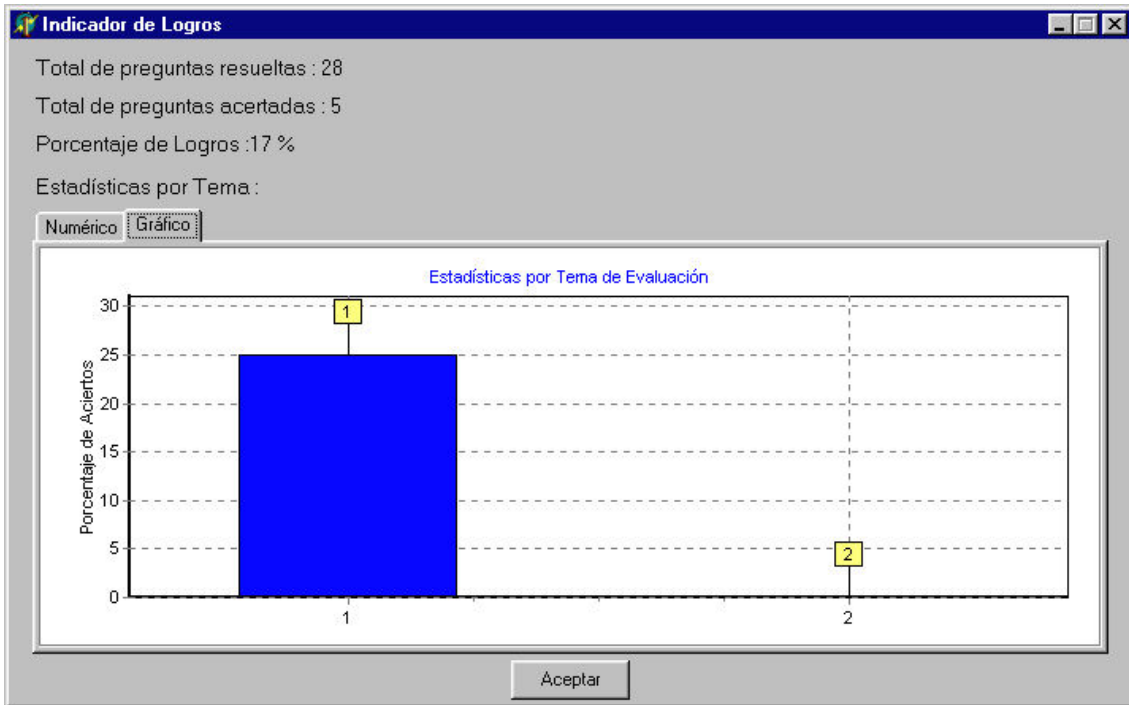
**examen**), que se encuentra en la parte superior de la ventana; después de esto se muestra un cuadro de dialogo para confirmar la terminación del examen, después del cual se muestra una ventana donde se encuentra un resumen sobre los resultados del examen, tales como, **Tiempo Empleado** para resolver el examen y el **número de respuestas acertadas**.

### **Indicador de Logros:**



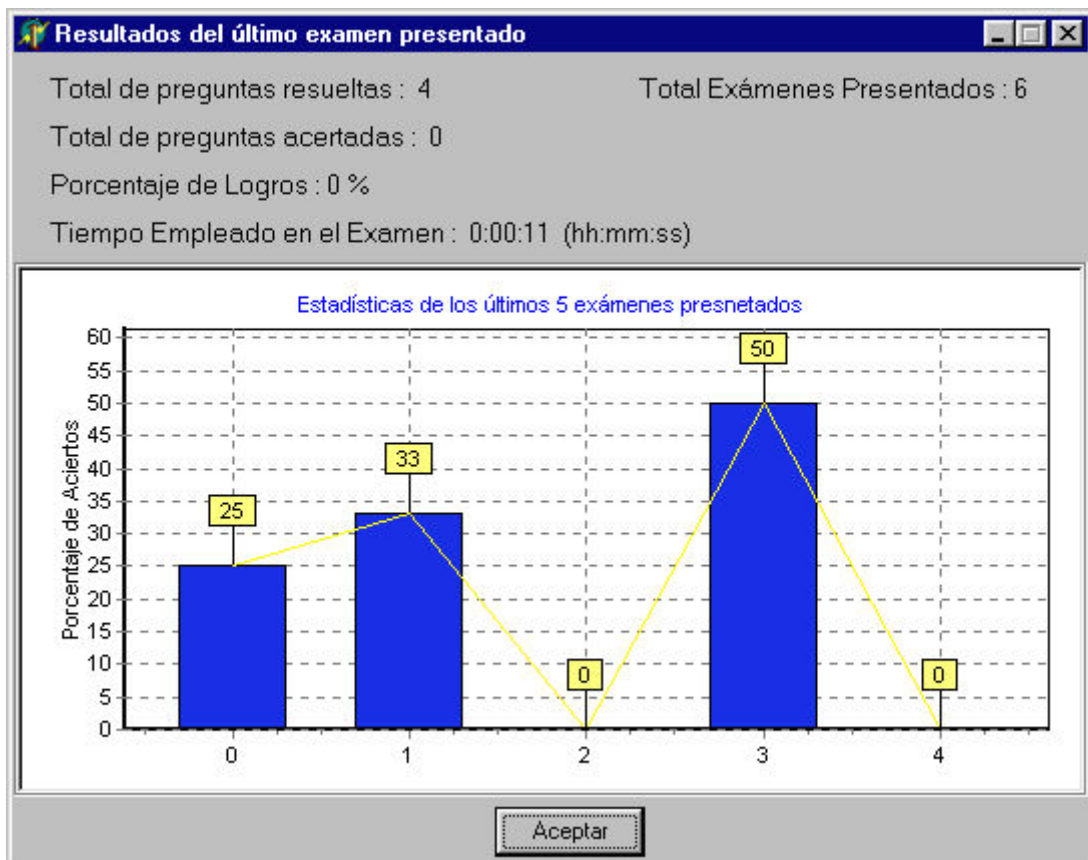
**Figura 29. Indicador de Logros, Numérico**

En esta ventana se muestran los resultados logrados por el usuario de la herramienta, en forma numérica; se muestran en primera instancia la cantidad de preguntas que el usuario ha contestado, después se muestra el total de preguntas que se han contestado correctamente y por último se muestra el porcentaje de logros alcanzado por el usuario. Además, se presenta un cuadro con el resumen de las preguntas presentadas, donde se muestra el tema de las preguntas, el número de preguntas contestadas, el número de preguntas acertadas y el porcentaje de aciertas, por tema. También esta la opción de ver los resultados de esta tabla en forma grafica, como se muestra en la figura 32.



**Figura 30. Indicador de Logros, Gráfico**

***Indicador de Logros último examen:***



**Figura 31. Indicador de Logros Último Examen**

Esta opción se activa cuando el usuario ha terminado de presentar el examen. Esta ventana nos muestra los resultados estadísticos obtenidos por el usuario en el último examen presentado, tales como: **Total de preguntas resueltas, Total de preguntas acertadas, Porcentaje de logros, Tiempo empleado en el examen y Total de exámenes presentados**; además se muestra un estadígrafo de los últimos 5 exámenes presentados, para que el usuario pueda llevar un registro de sus fortalezas y debilidades.

### Solucionario:

The screenshot shows a software window titled "Examen de Fisiología Médica EFIME - [Fr\_VisPreguntaUs]". The interface includes a menu bar with "Archivo", "Examen", "Mantenimiento", "Ventana", and "Ayuda". Below the menu, there are radio buttons for "Por Número" (selected) and "Por Tema", along with a "Ver" button. A search field labeled "Búsqueda" contains the number "10". The "Pregunta" section contains the text: "Illustrated in Figure 2.7 is a left ventricular pressure-volume loop from a normal healthy adult. The part of the cardiac cycle described as isovolumetric relaxation is between points". The "Respuesta" section has a radio button selected for "Y and Z". The "Explicación" section contains the word "corazón". The "Ayuda en internet" section contains the URL "www.corazón.com". On the right side, there is an "Imagen" window displaying a graph of "LV Pressure (mm Hg)" versus "LV Volume (ml)". The graph shows a pressure-volume loop with points X, Y, Z, and W. The y-axis ranges from 0 to 200 mm Hg, and the x-axis ranges from 0 to 200 ml. The loop starts at point X (approx. 50 ml, 0 mm Hg), goes up to W (approx. 50 ml, 100 mm Hg), then curves to Z (approx. 150 ml, 100 mm Hg), then down to Y (approx. 150 ml, 0 mm Hg), and finally back to X. The segment between Y and Z is labeled as isovolumetric relaxation. The caption below the graph is "Figure 2.7". At the bottom of the window, there is a status bar with "Bienvenido ...", "Usuario: oscar", "Fecha: 01/01/01", and "Hora: 0:50:27".

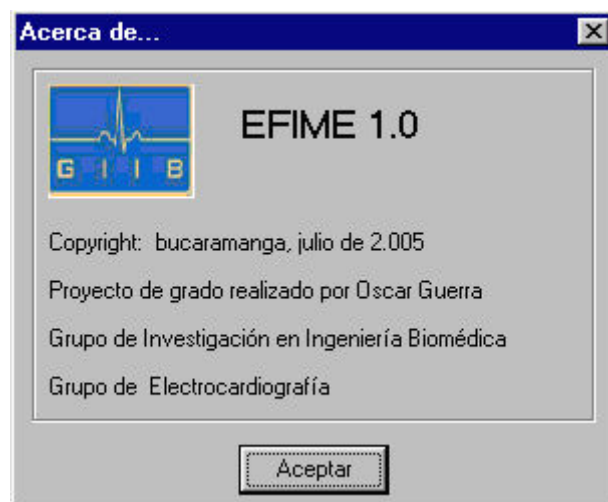
**Figura 32. Solucionario**

Esta opción muestra las preguntas que se encuentran en la base de datos de la herramienta, también se activa cuando el usuario termina de presentar el examen, se pueden ver **Por Número** de la pregunta o **Por Tema**; en la **Figura 32**, se muestra la pregunta 10, junto con su respuesta correcta; pero si el usuario desea ver las preguntas por tema, elige la opción **Por Tema**, donde se puede elegir el tema de una lista, y se mostraran todas las preguntas relacionadas con el mismo, así como su respectiva respuesta correcta. Además,

se muestra un cuadro llamado **Explicación**, en el cual se encuentra una breve explicación referente a la respuesta correcta de la pregunta. Y por último se muestra un cuadro, **Ayuda en Internet**, en el cual esta una dirección en Internet, donde el usuario puede encontrar más información referente al tema tratado por la pregunta.

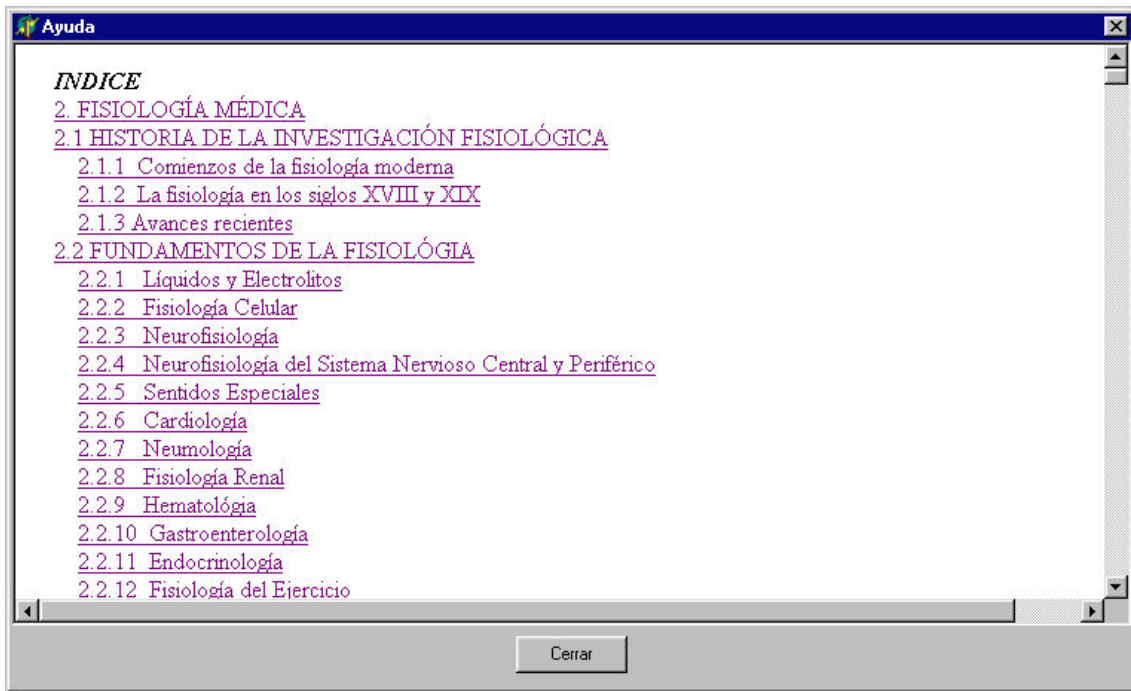
### **Ayuda**

En este menú se presentan las opciones de **Acerca de** y **Ayuda**, en las cuales el usuario encontrara información acerca de la herramienta y un resumen de los temas usados para elaborar las preguntas.



**Figura 33. Ayuda, Acerca de...**

**Acerca de:** Esta ventana muestra cuando fue realizada la herramienta, quien la desarrollo y los grupos que colaboraron en su implementación.



**Figura 34. Ayuda, Ayuda...**

**Ayuda:** esta opción nos permite ver un resumen de los temas tratados en la asignatura **Fisiología Médica**, y que fueron la base para desarrollar las preguntas de la base de datos; además le sirve al usuario para que repase un poco de teoría antes de presentar el examen, y así obtenga un nivel más alto de logros.

Después de haber visto las explicaciones que son comunes para el **Usuario y el Administrador**, veremos como es el manejo del **Menú Mantenimiento**, que como dijimos antes es para uso exclusivo del **Administrador**.

### **Mantenimiento**

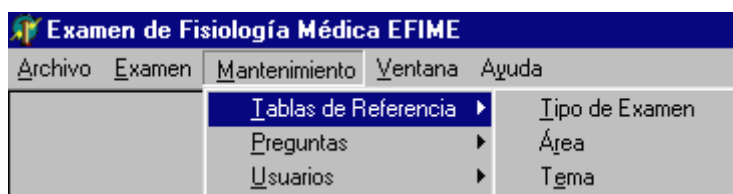


**Figura 35. Mantenimiento**

En este menú se tienen las opciones para el mantenimiento de las **Tablas de Referencia, Preguntas y Usuarios**, a continuación se explicaran las opciones que contienen cada una de ellas.

### **Tablas de Referencia:**

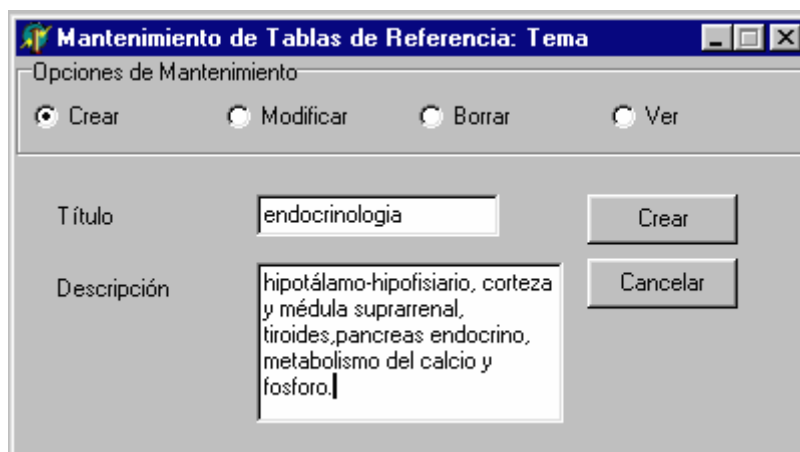
En esta opción el **Administrador** puede **crear, modificar, borrar y ver**, los campos que hacen referencia al **Tipo de Examen**, al **Área** y al **Tema**, que conforman la herramienta.



**Figura 36. Tablas de Referencia**

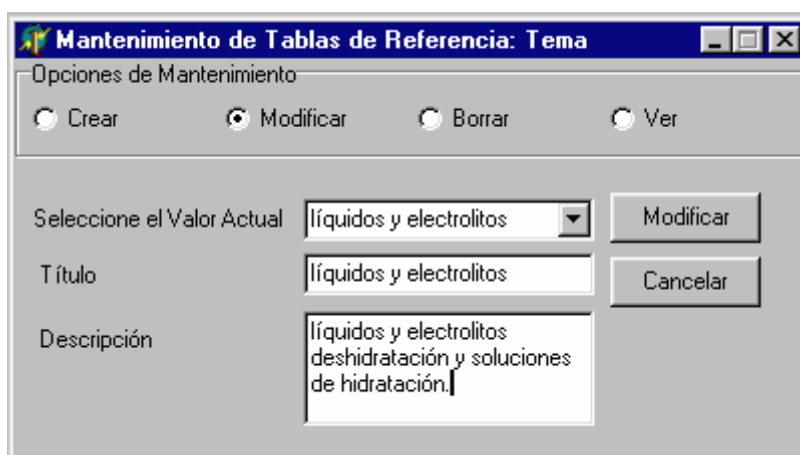
Para explicar el funcionamiento de las opciones **crear, modificar, borrar y ver**, elegiremos **Tablas de Referencia-Tema**, la cual desplegara una ventana con estas opciones, como se muestra en la **Figura 36**. Hay que tener en cuenta que esto también se cumple al elegir las opciones **Tipo de Examen** y **Área**.

Si se elige la opción **Crear**, se muestra la casilla **Título**, donde se debe escribir el título del tema al cual estarán ligadas las preguntas para el examen; en la casilla **descripción**, se hace un breve resumen sobre lo que trata el tema. Después de esto se click en el botón **Crear**, para que el tema ingrese en la Base de Datos; si se elige el botón **Cancelar**, se abortara la creación del tema.



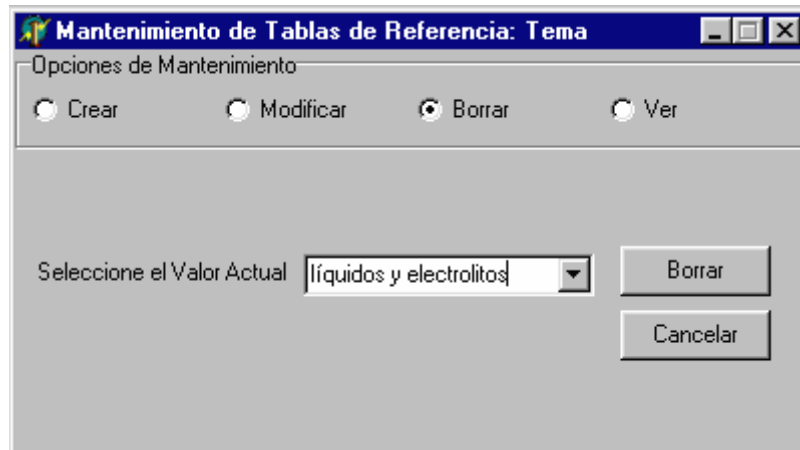
**Figura 37. Tablas de Referencia-Tema-Crear**

En la opción **Modificar**, se pueden arreglar el **Título** o la **Descripción**, escogiendo de una lista, **Seleccione el Valor Actual**, el tema al cual se le van hacer las modificaciones; después de esto se procede a dar click en el botón **Modificar**, para que los cambios queden registrados en la Base de Datos; si se da click en el botón **Cancelar** se abortara la modificación.

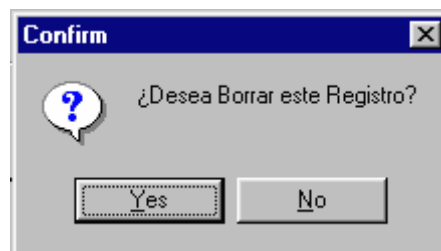


**Figura 38. Tablas de Referencia-Tema-Modificar**

Al elegir la opción **Borrar**, se despliega una ventana en la cual se muestra la casilla **Seleccione el Valor Actual**, en donde se escoge de una lista el tema que se desea eliminar de la Base de Datos; a continuación se da click en el botón **Borrar**, el cual desplegara una ventana que preguntara **¿Desea Borrar este Registro?**, a lo cual el **Administrador** deberá hacer click en el botón **Si**, para confirmar el borrado del tema, o hacer click en el botón **No**, para abortar el borrado. Si se elige el botón **Cancelar**, se abortara el borrado del tema.

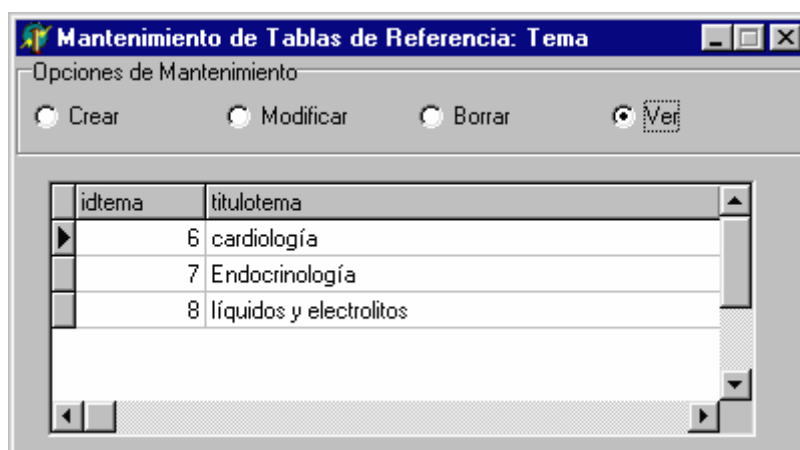


**Figura 39. Tablas de Referencia-Tema-Borrar**



**Figura 40. Confirmar Borrar**

Y por último si se elige la casilla **Ver**, se mostrarán todos los temas que están actualmente en la Base de Datos de la herramienta y que se muestran cuando el usuario desea presentar el examen de un tema determinado; como se explica en la opción **Iniciar Examen**.



**Figura 41. Tablas de Referencia-Tema-Ver**

### **Preguntas:**

En esta opción se pueden **Agregar**, ver las preguntas que están actualmente en la Base de Datos (**Vista Previa**) y visualizar como están distribuidas las preguntas según el **Tema** y el **Área** al que pertenecen, (**Estadísticas**).



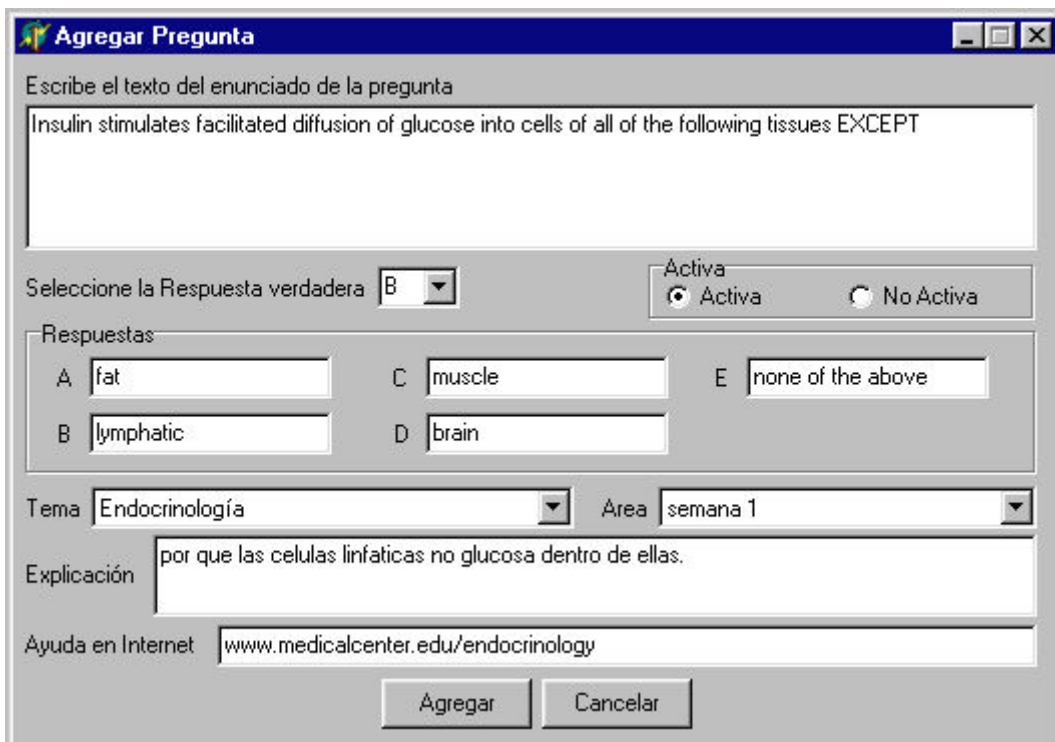
**Figura 42. Preguntas**

La opción **Agregar**, nos muestra una ventana como se muestra en la **figura 43**, allí se encuentran los siguientes campos:

- ✿ **Escribir el enunciado de la pregunta:** en este campo, se escribe el enunciado de la pregunta para ser registrado en la base de datos..
- ✿ **Seleccionar la respuesta verdadera:** este campo nos permite seleccionar la letra que acompaña a la respuesta verdadera a la cual hace referencia la pregunta.
- ✿ **Marcar como Activa o No Activa:** esta opción permite mostrar o no la pregunta en un examen, es decir, si la pregunta esta como **No Activa**, al elegir el examen, este no la tendrá en cuenta para ser mostrada en el mismo, aunque este en la base de datos. La herramienta solo escogen randomicamente las preguntas marcadas como **Activas**.
- ✿ **Respuestas:** esta casilla nos muestra los campos en donde irán las posibles respuestas que hacen referencia a la pregunta, incluyendo la respuesta verdadera, la cual debe ir en la letra a la cual se hizo referencia en el campo **Seleccionar Respuesta Verdadera**.
- ✿ **Tema:** en este campo se selecciona el tema al cual pertenece la pregunta.
- ✿ **Área:** acá se muestra el área en la cual esta clasificada la pregunta.
- ✿ **Explicación:** este campo nos permite hacer un breve resumen referente a la pregunta y su respuesta.

✳ *Ayuda en Internet:* por último se encuentra este campo, en el cual se hace referencia a una dirección en Internet, en la cual el usuario puede encontrar información más detallada con respecto a la pregunta y el tema tratado.

Para terminar se hace clic en el botón **Agregar**, para que la pregunta quede guardada en la base de datos de la herramienta; luego de esto aparece una ventana que nos indica que **la pregunta ha sido agregada con éxito** y le damos **OK (Figura 44)**. Si no se quiere guardar la pregunta, o si se quiere salir de la ventana, se hace click en el botón **Cancelar**, de la ventana **Agregar Pregunta**.

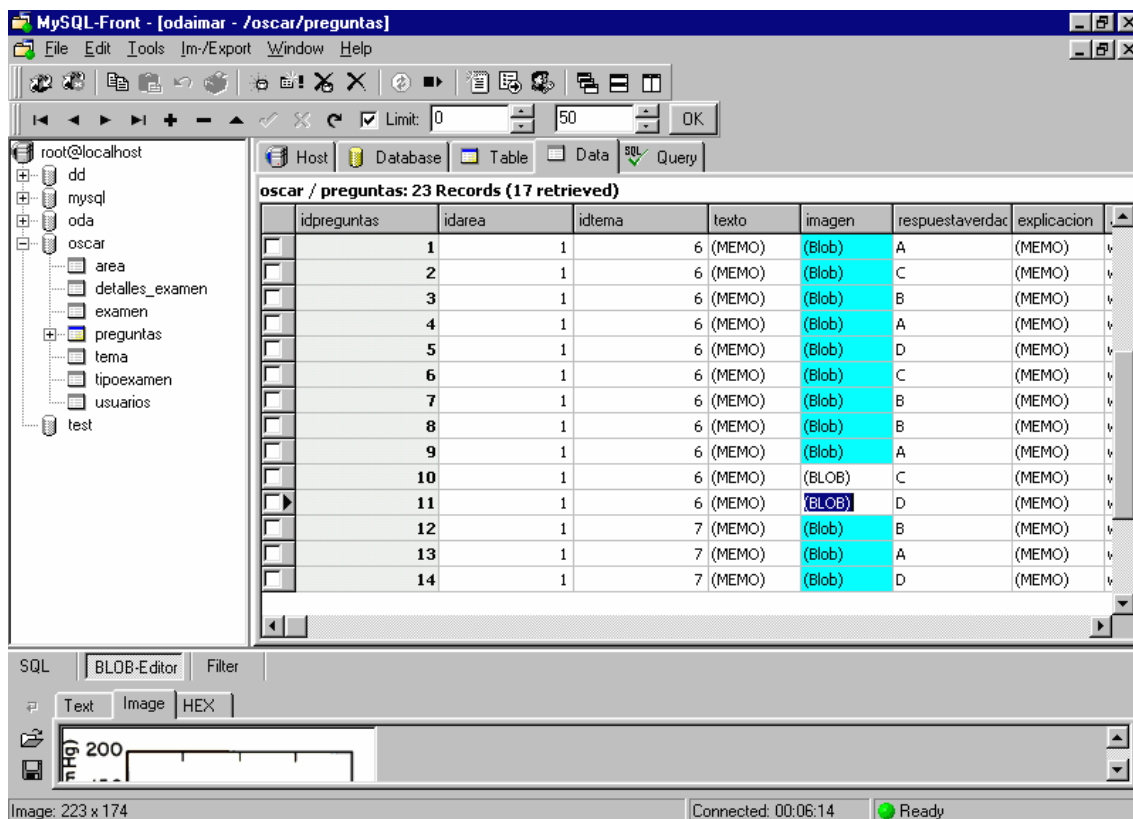


**Figura 43. Preguntas, Agregar**



**Figura 44. Preguntas, Agregar, Confirmación**

Para agregar las imágenes de las preguntas que las contengan, se debe hacer directamente en la base de datos; por lo tanto todas las imágenes deben estar en formato bmp. Para cargar la imagen, abrimos el administrador de la base de datos, **MySQL-Front**, y nos conectamos a la base de datos; después de esto elegimos nuestra base de datos y luego en la tabla **Preguntas**, después hacemos click en la pestaña **Data**, para que despliegan todas las preguntas que están en la base de datos. De este archivo elegimos la pregunta a la cual le vamos a cargar la imagen y vemos que en la parte inferior se despliega una ventana que contiene las pestañas **Test**, **Image**, **HEX**, de las cuales damos click **Image**, y luego abrimos la imagen desde la carpeta que esta al lado izquierdo de la ventana y elegimos la imagen desde la ubicación en que se encuentra. Para que se guarden los cambios, desplaza con la flecha hacia abajo a la siguiente pregunta.



**Figura 45. Preguntas, Agregar, Imagen**

Después de agregar las preguntas podemos ver como quedaron guardadas con la opción **Vista Previa**. En esta opción, se pueden observar las preguntas de varias formas:

- ☀ **Por Número:** esta elección permite ver las preguntas de acuerdo al número consecutivo con el cual fueron guardadas, para esto tecleamos el número de la pregunta que queremos ver en el campo **Búsqueda (Seleccione el Número de la Pregunta)** y luego hacemos click en el botón **Ver**, luego de lo cual se mostrara la pregunta, con sus posibles respuestas, en donde la respuesta correcta esta indicada con un punto, junto con la explicación y la ayuda en Internet, así como si la pregunta esta activa o inactiva.

Examen de Fisiología Médica EFIME - [Fr\_VisPregunta]

Archivo Examen Mantenimiento Ventana Ayuda

Seleccione la forma en la que desea visualizar las preguntas:

Por Número  Por Tema  Todas

Búsqueda

Seleccione el Número de la pregunta: 10

Pregunta

Illustrated in Figure 2.7 is a left ventricular pressure-volume loop from a normal healthy adult. The part of the cardiac cycle described as isovolumetric relaxation is between points

Respuestas:

W and X

X and Y

Y and Z

Z and W

ninguna de las anteriores

Explicación: corazón

Ayuda en internet: www.corazón.com

Imagen

Figure 2.7

Activa

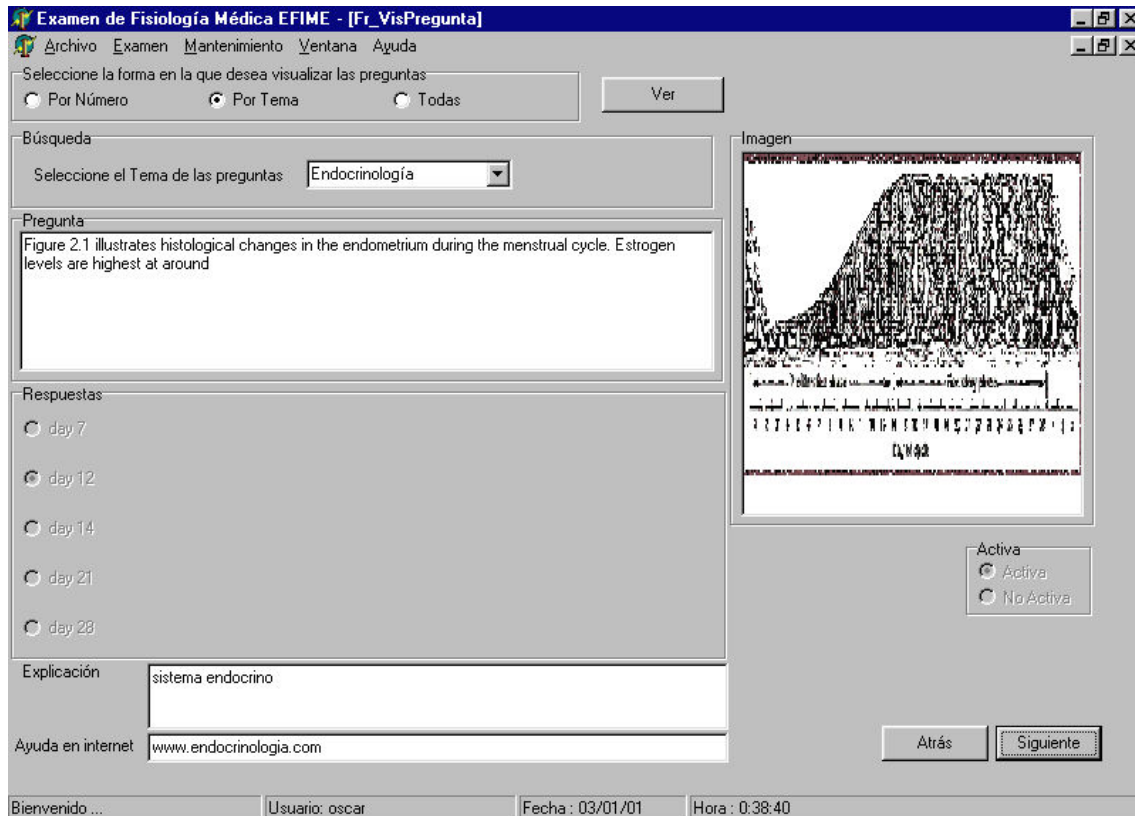
Activa  No Activa

Bienvenido ... Usuario: oscar Fecha: 03/01/01 Hora: 0:48:20

**Figura 46. Preguntas, Vista Previa, Por Número**

- ☀ **Por Tema:** esta opción me permite observar las preguntas por temas y al igual que en la opción anterior se elige el tema en el campo **Búsqueda (Seleccione el Tema de las Preguntas)** y luego se hace click en el botón **Ver**, y se despliega la primera pregunta referida en la

base de datos a este tema, y al igual que en la opción **Por Número** se muestra toda la información de la pregunta; para ver la siguiente pregunta de este tema se hace click en el botón **Siguiente**, y si se quiere ver la pregunta anterior se hace click en el botón **Atrás**.(Figura 47).



**Figura 47. Preguntas, Vista Previa, Por Tema**

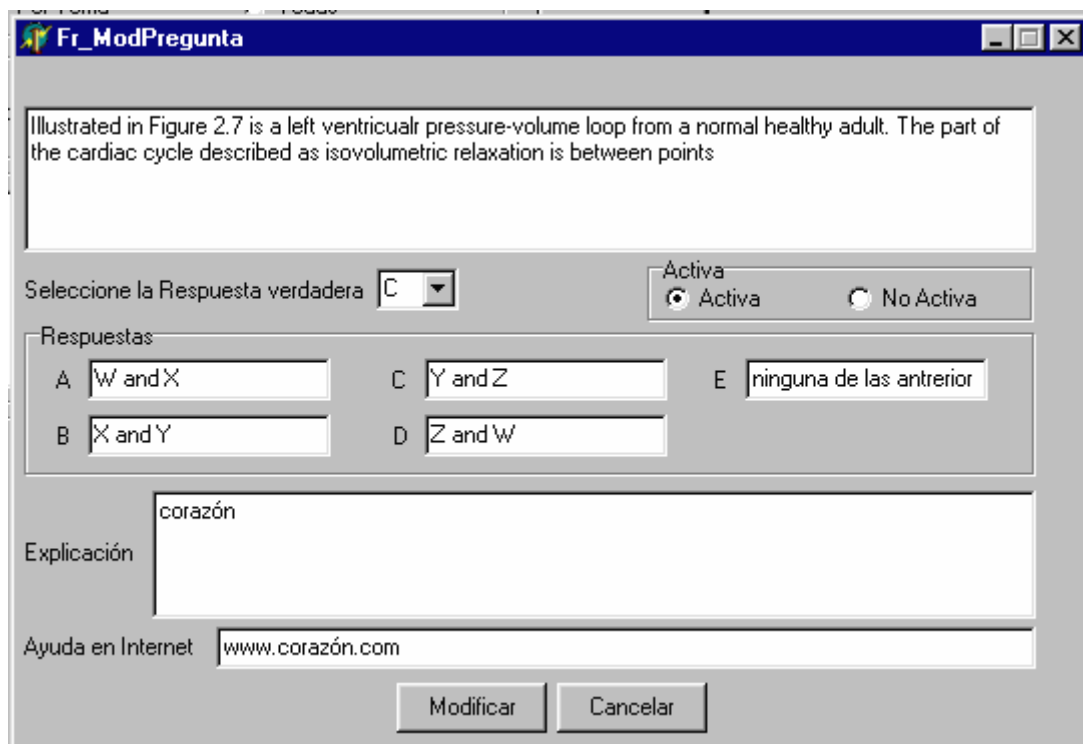
☀ **Todas:** es opción me permite ver todas las preguntas que hay en la base de datos, y se muestran de igual forma que en la ventana **Por Tema**.

En esta ventana es donde el administrador de la herramienta puede hacer cambios o correcciones en las preguntas que están en la base de datos; para esto se debe tener abierta la pregunta que se quiere arreglar y luego se hace click en la opción **Mantenimiento/Preguntas/Modificar Preguntas - (Figura 48)**, después de lo cual se abrirá una ventana con los datos de la pregunta para que sean modificados, luego de esto se hace click en **Modificar - (Figura 49)**, para guardar los cambios y se mostrará el mensaje "La

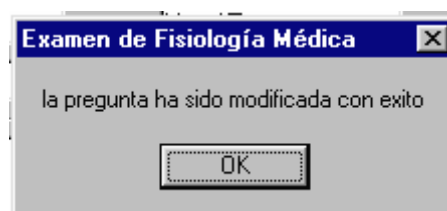
**Pregunta ha sido Modificada con Éxito'** – (Figura 50), a lo cual le damos **OK**; pero si no se quiere modificar se hace click en **Cancelar**, con lo cual se aborta la modificación.



**Figura 48. Modificar Pregunta**



**Figura 49. Modificar Pregunta, Datos**

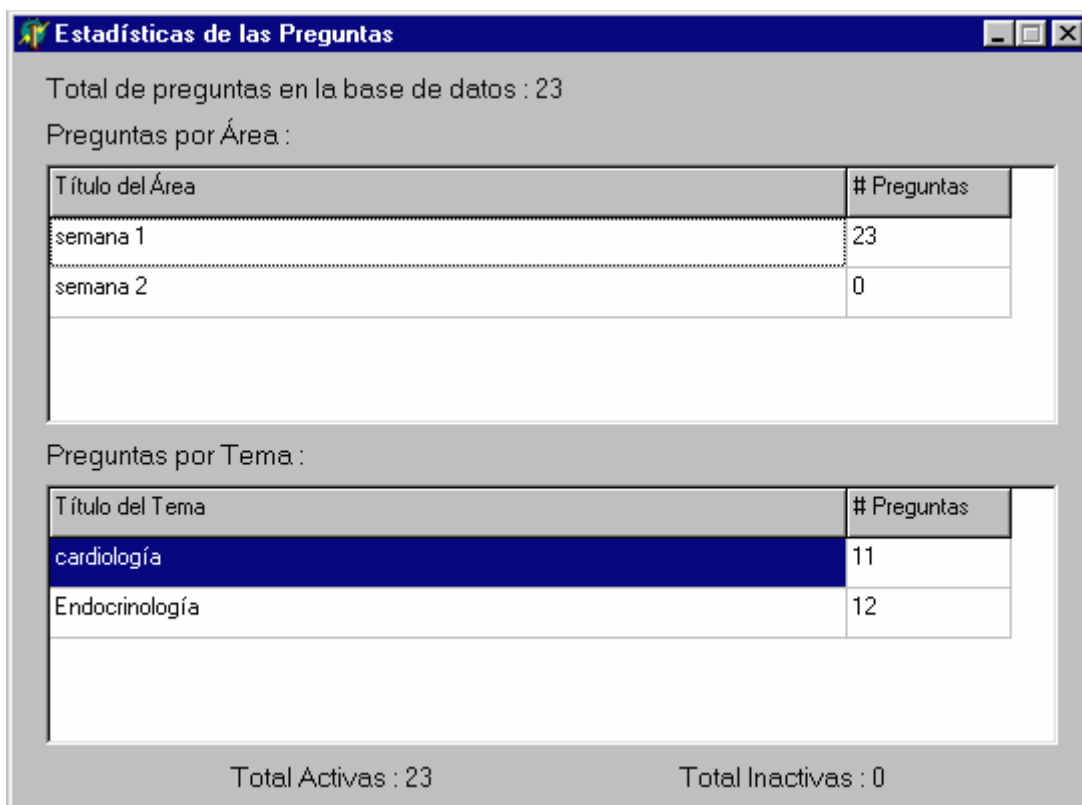


**Figura 50. Modificar Pregunta, Confirmación**

Por último en el submenú **Preguntas** esta la opción **Estadísticas**, en la cual se puede observar **El Total de Preguntas en la Base de Datos**, y como están distribuidas, ya sea: **(Figura 51)**

- ✳ **Por Área:** en esta casilla se muestra la distribución de las preguntas según el área a la que fueron asignadas cuando se cargaron a la base de datos
- ✳ **Por Tema:** al igual que en la casilla anterior se muestran cuantas preguntas hay, pero con relación al tema al cual pertenecen.

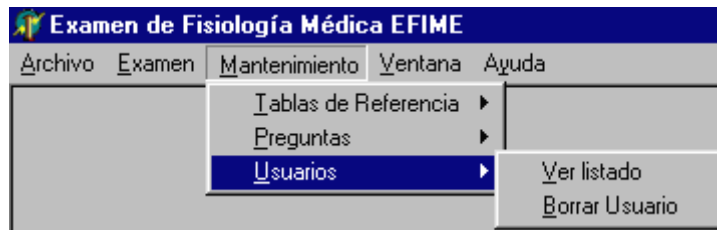
Además en esta ventana se muestra al final el total de preguntas que están **Activas** y el total de preguntas **Inactivas**.



**Figura 51. Estadísticas**

### **Usuarios:**

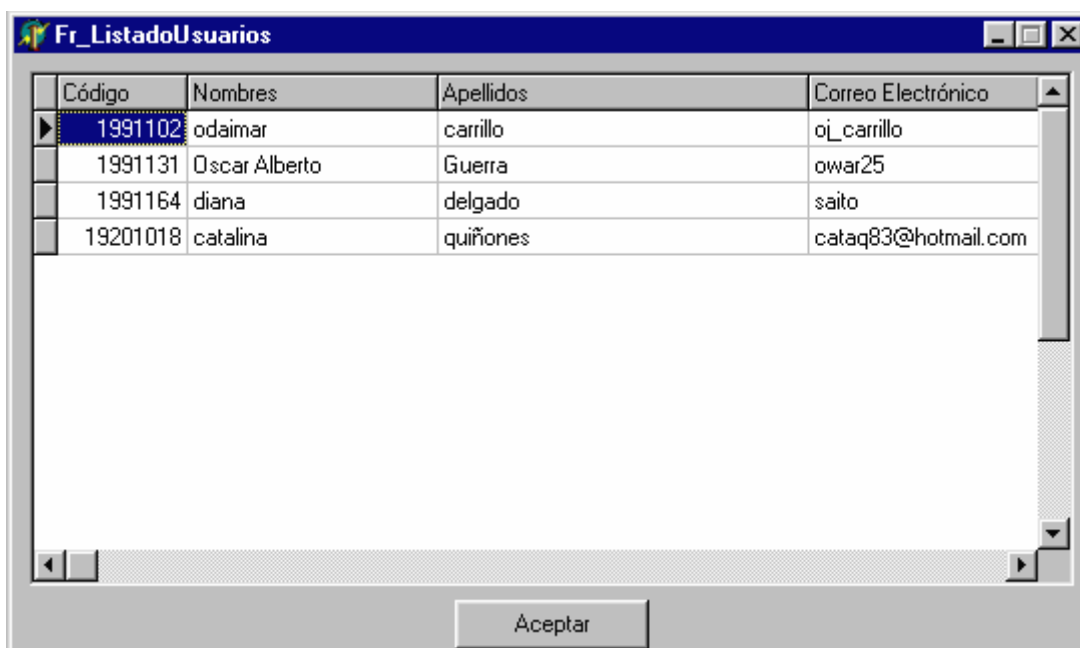
Este submenú muestra el listado de usuarios existentes, **Ver Listado**, en la base de datos de la herramienta y permite la opción de borrar alguno de ellos, **Borrar Usuario**.



**Figura 52. Usuarios**

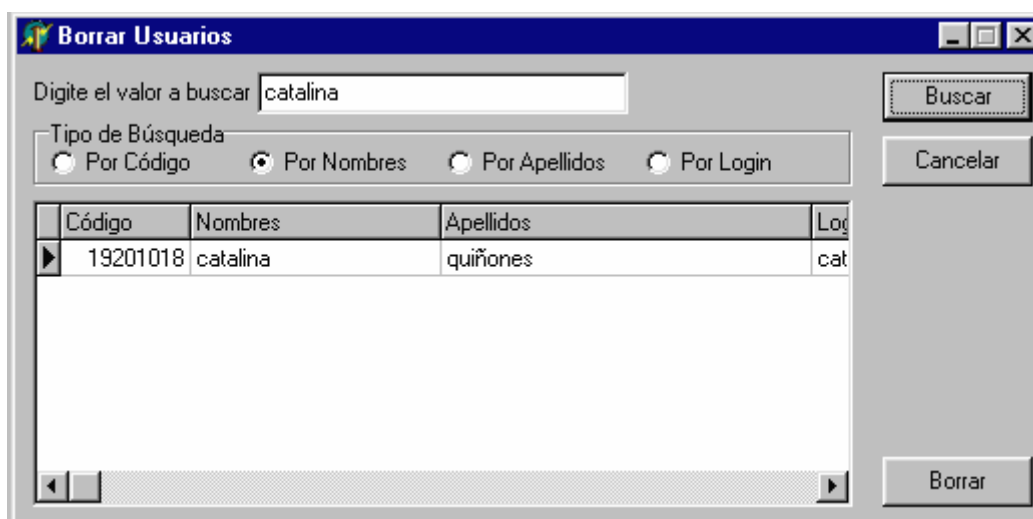
Para la información de los usuarios que están registrados en la herramienta, elegimos la opción **Ver Listado – (Figura 53)**, la cual nos mostrara todos los usuarios que están actualmente en la base de datos de la herramienta, con la siguiente información:

- ✿ **Código:** es el código con el cual el usuario esta registrado en la herramienta y es la llave primaria para acceder a la base de datos.
- ✿ **Nombre:** nombre del usuario de la herramienta.
- ✿ **Apellidos:** apellidos del usuario.
- ✿ **Correo Electrónico:** es mail que el usuario utiliza para recibir y enviar información vía Internet.
- ✿ **Login:** es el nombre con el cual el usuario es reconocido por la herramienta para ingresar a la misma.

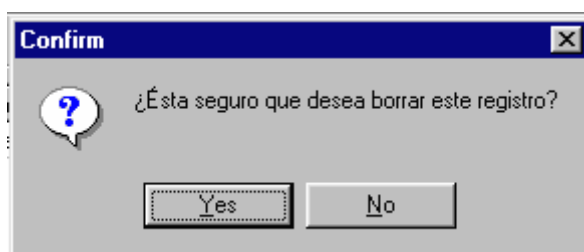


**Figura 53. Listado de Usuarios**

En la opción **Borrar Usuario – (Figura 54)**, podemos eliminar los usuarios que estén en la base de datos, para esto podemos utilizar varias maneras de encontrarlo en la base de datos, ya sea: **Por Código, Por Nombres, Por Apellidos o Por Login**; según la opción elegida, se debe escribir en el campo **Digite el Valor a Buscar**, la información con la que se quiere buscar, y luego se hace click en el botón **Buscar**, después de lo cual se mostrará un campo con toda la información del usuario buscado. Si esta seguro de que este es el usuario que se desea eliminar se hace click en el botón **Borrar**, y se mostrara una ventana de confirmación con el mensaje “**Esta Seguro que Desea Borrar este Registro?**” – (Figura55), si se elige el botón **YES**, el registro se eliminara de la base de datos de la herramienta, y si la elección es **NO**, se abortara la opción de borrado. Al hacer click en el botón **Cancelar**, se saldrá del submenú **Borrar Usuarios**.



**Figura 54. Borrar Usuarios**



**Figura 55. Borrar Usuarios, Confirmación**

## **ANEXO 2**

### **2.1 HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN FISIOLÓGICA**

Parece probable que los primeros estudios sobre fisiología animal fueran realizados hacia el año 300 a.C. por el físico médico alejandrino Herófilo de Calcedonia, que viviseccionó los cuerpos de criminales. Hasta unos 1.900 años después no se llevaron a cabo muchos estudios fisiológicos.

#### **2.1.1 Comienzos de la fisiología moderna**

La fisiología animal moderna comenzó cuando el médico inglés William Harvey descubrió la circulación de la sangre en 1616. Poco después, el químico flamenco Jan Baptista van Helmont desarrolló el concepto de gas y sugirió la utilización de álcalis para el tratamiento de las alteraciones digestivas. El biofísico italiano Giovanni Alfonso Borelli publicó estudios sobre la motricidad animal en los que sugería que la base de la contracción muscular estribaba en las fibras musculares; el microscopista holandés Antoni van Leeuwenhoek realizó las primeras descripciones de eritrocitos y espermatozoides, y el histólogo italiano Marcello Malpighi demostró la existencia de los capilares y estudió la fisiología del riñón, el hígado y el bazo. El estudio de las glándulas se inició durante la segunda mitad de este siglo: el médico inglés Thomas Warton demostró la existencia de la secreción salivar, y el anatomista danés Nicolaus Steno la existencia de las glándulas lacrimales y salivares. El médico holandés Regnier de Graaf profundizó en los estudios sobre las glándulas mediante su descubrimiento de los folículos del ovario; también realizó estudios sobre los jugos pancreáticos y la bilis. El médico inglés Richard Lower fue el primero en transfundir sangre de un animal a otro, y el médico francés Jean Baptiste Denis administró una transfusión a un ser humano con éxito por primera vez.

En el siglo XVII se consiguieron progresos en el estudio de la respiración. El fisiólogo inglés John Mayow demostró que el aire no era una sustancia única, sino una mezcla de varias sustancias, de las cuales no todas eran necesarias para la vida. En el siglo XVIII, el químico británico Joseph Priestley demostró

que la proporción de oxígeno esencial para la vida animal es idéntica a la proporción de oxígeno necesaria para permitir la combustión. Antoine Laurent de Lavoisier, un químico francés, aisló y dio nombre al oxígeno poco después, y demostró que el dióxido de carbono era un producto de la respiración.

### **2.1.2 La fisiología en los siglos XVIII y XIX**

La fisiología moderna es deudora del trabajo realizado durante el siglo XVIII por el médico holandés Hermann Boerhaave y por su pupilo, el científico suizo Albrecht von Haller. Sus críticas a los iatroquímicos (que creían que la fisiología sólo incluía reacciones químicas) y a los iatrofísicos (que creían que sólo incluía reacciones físicas), pusieron las bases del estudio integrado de la fisiología. Haller fue el primer científico que estableció que toda la materia viva posee irritabilidad.

Durante la segunda mitad del siglo XVIII, el médico italiano Luigi Galvani demostró que era posible conseguir que los músculos de la pata de una rana se contrajeran estimulándolos con una corriente eléctrica, y el fisiólogo italiano Lazzaro Spallanzani investigó la actividad del jugo gástrico durante la digestión. Spallanzani también estudió la fecundación y la inseminación artificial en animales inferiores.

La figura principal de la fisiología animal del siglo XIX fue el fisiólogo francés Claude Bernard, que investigó el metabolismo de los hidratos de carbono en los seres humanos; también estudió el sistema nervioso autónomo y describió muchas de sus funciones. Su mayor contribución fue el establecimiento del principio de que los organismos vivos nunca están en reposo, sino que experimentan continuos cambios dinámicos cuyo objeto es mantener el equilibrio interno. La base de la salud, según Bernard, es el éxito del organismo en el mantenimiento de este equilibrio. Los principios de Bernard fueron ampliados durante la primera mitad del siglo XX por el fisiólogo estadounidense Walter Bradford Cannon, que al estado dinámico le asignó el nombre de homeostasis, y demostró que el cuerpo se podía adaptar para enfrentarse a peligros externos importantes. Cannon demostró procesos que tienen lugar en

el cuerpo humano como la regulación interna de la temperatura corporal, la alcalinidad de la sangre y la preparación del cuerpo para la defensa mediante la secreción de adrenalina en las glándulas adrenales.

Durante el siglo XIX se dedicó mucha atención al estudio de la fisiología del sistema nervioso. El anatomista inglés Charles Bell describió las funciones de los nervios motores y sensitivos; el fisiólogo francés François Magendie describió las funciones de los nervios vertebrales e investigó los mecanismos de deglución y regurgitación; el fisiólogo francés Pierre Flourens investigó las funciones del cerebelo y fue pionero en la investigación fisiológica de la psicología animal, y el fisiólogo alemán Johannes Peter Müller demostró que las percepciones sólo estaban determinadas por el órgano sensorial que recibía el impulso sensorial. El fisiólogo alemán Ernst Heinrich Weber descubrió que el corazón humano era estimulado por dos tipos de nervios: los que activan los latidos del corazón y los que los inhiben. Fue uno de los primeros científicos en percibir que el sistema nervioso autónomo está constituido por dos sistemas nerviosos diferentes. Weber también investigó la mecánica de la percepción.

Durante el último cuarto del siglo XIX, el fisiólogo y psicólogo alemán Wilhelm Wundt fundó el primer laboratorio dedicado a la investigación de las bases fisiológicas de la psicología.

Durante los últimos años del siglo XIX y los primeros años del siglo XX, el ímpetu de la nueva ciencia denominada bacteriología condujo al estudio de la inmunidad. Las figuras más importantes en este campo fueron el naturalista ruso Iliá Mechnikov, que desarrolló la teoría de la fagocitosis e investigó sobre la destrucción de materiales extraños en la sangre, y el bacteriólogo y químico alemán Paul Ehrlich padre de una teoría sobre la formación de los anticuerpos.

Aproximadamente en la misma época, la fisiología de las glándulas endocrinas fue investigada por el fisiólogo británico Edward Albert Sharpey-Schafer, quien demostró que un extracto de las glándulas adrenales, después denominado adrenalina, elevaba la presión sanguínea cuando era inyectado. Varios años

después, el fisiólogo británico William Maddock Bayliss y Ernest Henry Starling descubrieron que si se inyectaba un extracto intestinal, denominado secretina, se estimulaba el flujo de jugo pancreático. Propusieron el término hormonas para denominar las secreciones que podían actuar sobre otros órganos cuando se encontraban en el torrente sanguíneo. Los estudios posteriores sobre las hormonas proporcionaron información importante sobre la mecánica del crecimiento y la reproducción.

### **2.1.3 Avances recientes**

Entre los avances más importantes conseguidos en el siglo XX se encuentran el desarrollo y descubrimiento de nuevas hormonas, el reconocimiento del papel de las vitaminas, el descubrimiento del grupo sanguíneo, el desarrollo del electrocardiógrafo y del electroencefalógrafo para registrar la actividad del corazón y del cerebro, el descubrimiento de la causa y del modo de curar la anemia perniciosa por los médicos estadounidenses George R. Minot, William P. Murphy y George H. Whipple, y el mejor conocimiento del metabolismo, del papel de las enzimas y del sistema inmunológico.

La primera parte del siglo XX también fue testigo de grandes avances en el conocimiento del mecanismo de los reflejos, noción que fue elaborada por primera vez por el filósofo francés René Descartes como concepto filosófico, para distinguir los reflejos involuntarios de los animales de las reacciones más racionales de los seres humanos. Este concepto fue perfeccionado por el trabajo de zoólogos alemanes, que lo describieron en términos físicos y dividieron el comportamiento en sus componentes reflejos. El neurofisiólogo británico Charles Sherrington amplió los conocimientos sobre este tema al demostrar que los reflejos permiten al sistema nervioso funcionar como una unidad. El concepto de respuesta condicionada fue descrito por primera vez en el siglo XVIII por el fisiólogo escocés Robert Whytt, pionero en el estudio de la acción refleja, y culminó con los trabajos posteriores del fisiólogo ruso Iván Petróvich Pávlov y del neuropatólogo ruso Vladímir Bekhterev. Aunque no tuvo validez el intento de Pávlov de extender los principios del condicionamiento, el

método por el cual pueden provocarse respuestas con más frecuencia o de forma más predecible mediante el refuerzo, a procesos mentales más complejos, su trabajo tuvo un gran impacto sobre la psicología y el aprendizaje. Fue una de las influencias principales para la aparición del behaviorismo, fundado por el psicólogo estadounidense John Broadus Watson. El trabajo del psicólogo estadounidense Burrhus Frederic Skinner sobre la instrucción programada, base de las denominadas máquinas de enseñanza, también se basó en la teoría del condicionamiento y del refuerzo.

El siglo XX también fue testigo de otros avances fundamentales en neurología. El fisiólogo británico Edgar Douglas Adrian midió y registró los potenciales eléctricos de las fibras nerviosas motoras y sensitivas. Sherrington investigó la acción integradora del sistema nervioso. Su trabajo fue seguido por el de los fisiólogos estadounidenses Joseph Erlanger y Herbert Spencer Gasser, que demostraron las diferencias funcionales entre las fibras nerviosas, y utilizaron un osciloscopio para registrar la variación de los impulsos eléctricos que tiene lugar en estas fibras. Posteriores investigaciones realizadas por el bioquímico estadounidense Julius Axelrod, por el fisiólogo sueco Ulf von Euler y por el médico británico Bernard Katz, demostraron la función de sustancias químicas determinadas en la transmisión de los impulsos nerviosos. Estas investigaciones fueron vitales para procesos tan básicos como el control de la presión sanguínea y la movilización de la fuerza para enfrentarse a una situación de urgencia.

## **ANEXO 3**

### **2.2 FUNDAMENTOS DE LA FISIOLÓGIA**

La Fisiología, es el estudio de los procesos físicos y químicos que tienen lugar en los organismos vivos durante la realización de sus funciones vitales. Estudia actividades tan básicas como la reproducción, el crecimiento, el metabolismo, la respiración, la excitación y la contracción, en cuanto que se llevan a cabo dentro de las estructuras de las células, los tejidos, los órganos y los sistemas orgánicos del cuerpo.

La fisiología está muy relacionada con la anatomía e históricamente era considerada una parte de la medicina. El gran hincapié que la fisiología hizo en la investigación de los mecanismos biológicos con la ayuda de la física y la química, convirtió a la fisiología en una disciplina independiente en el siglo XIX; sin embargo, hoy se tiende a la fragmentación y a la unión con la gran variedad de ramas especializadas que existen en las ciencias de la vida. Se reconocen tres grandes divisiones: fisiología general, relacionada con todos los procesos básicos que son comunes a todas las formas vivas; la fisiología y la anatomía funcional de los seres humanos y de otros animales, incluyendo la patología y los estudios comparativos, y la fisiología vegetal, que incluye la fotosíntesis y otros procesos de la vida de las plantas.

Para la realización de este proyecto, nos basaremos en la rama que comprende la Fisiología de los Seres Humanos; a continuación se hará una breve descripción de los temas que se tratan en el curso de Fisiología Médica de la facultad de Medicina de la Universidad Industrial de Santander.

#### **2.2.1 Líquidos y Electrolitos**

El agua es el constituyente más abundante en los seres vivos. Ella representa en un individuo adulto entre el 50% y 60% de su peso corporal, el porcentaje restante, entre 40% y 50%, corresponde al tejido adiposo y a los tejidos de sostén.

La mayor proporción de agua con respecto al peso se encuentra en la etapa fetal, en promedio un 90%, con un rango entre 85% y 95%. En el recién nacido, el agua corporal total tiene un valor medio de 75% y su rango oscila entre el 65% y el 85%.

Con el crecimiento, debido al incremento del número de células, del tamaño de los tejidos y del contenido graso, el contenido de agua corporal total acentúa su disminución, encontrándose al final del tercer mes de vida un valor promedio de 70% entre 65% y 75%.

A partir de este momento, y hasta el primer año de vida, la disminución del agua corporal total es alrededor de un 10%, alcanzando al final del año las mismas proporciones del adulto; con pequeñas fluctuaciones se mantendrá así hasta la adolescencia, cuando por acción predominantemente hormonal aparece la diferencia por sexo en el contenido de agua corporal total, en promedio un 60% (55-65%) en el hombre y un valor medio de 50% (45 y 55%) en mujeres.

Ahora bien, los cambios inherentes al proceso del envejecimiento, como la desecación y la atrofia tisular, producen una disminución adicional del contenido hídrico de aproximadamente un 5%

Se ha dado unos rangos muy amplios en el contenido del agua corporal total, que podrían hacer pensar que el contenido hídrico de un individuo aislado es variable; pero esto no es correcto, ya que el peso corporal y, por lo tanto, el contenido de agua son constantes de un día a otro en el individuo normal, en equilibrio calórico, a pesar de las fluctuaciones notables en la ingestión líquida

Podemos decir que la variación del agua corporal total en relación con el peso del cuerpo determinado de un grupo de individuos es, sobre todo, función de la cantidad de tejido graso. En sujetos delgados, la proporción de agua corporal total es alta; en sujetos obesos, por el contrario, es baja. Al parecer, la mayor proporción de grasa en la mujer es lo que hace que su contenido hídrico sea menor.

## 🌐 **Compartimentos líquidos**

El agua dentro del cuerpo se mantiene en dos compartimentos mayores, que se designan *intracelulares* y *extracelulares* de acuerdo a los tipos de líquido que contienen. Estos compartimentos están separados por membranas semipermeables. El líquido intracelular (LIC) (agua dentro de las células) representa aproximadamente el 30 al 40% del peso corporal. Cada célula debe ser abastecida con oxígeno y con los nutrientes requeridos; además, el contenido de agua y sal debe mantenerse dentro de límites estrechos.

El compartimento extracelular incluye el líquido intravascular o plasmático, el líquido intersticial y el líquido transcelular. El líquido extracelular (LEC) - intravascular o plasmático (agua dentro de los vasos sanguíneos o agua intravascular contenida en el plasma) representa aproximadamente el 5% del peso corporal total del ser humano. El plasma, la porción líquida de la sangre, contiene proteínas, que normalmente permanecen dentro de las paredes de los vasos. El agua y las sales minerales que contiene pueden dejar los vasos e ingresar a los tejidos circundantes. En la salud el volumen líquido normal del plasma se mantiene dentro de límites relativamente estrechos. Si se produce deshidratación o hemorragia, el volumen se reducirá y el shock será evidente. Si se produce sobrehidratación, la acción cardíaca puede estar dificultada y el líquido se perderá de los vasos para producir edema de los tejidos subcutáneos o de los pulmones. El plasma contiene sales minerales en concentraciones diferentes de las del agua intracelular; los componentes predominantes son sodio y cloro.

*El líquido extracelular - líquido intersticial* está entre los espacios vasculares y las células. Es similar al plasma excepto que contiene muy pocas proteínas. Cuando se produce enfermedad, un incremento en el líquido intersticial se refleja en edema; una falta de líquido intersticial produce deshidratación. El líquido intersticial es relativamente mayor en volumen en lactantes que en adultos. Aproximadamente el 25% del peso corporal del neonato es líquido intersticial. A los 2 años de edad el niño está alcanzando el nivel del adulto del 15% del peso corporal.

*El líquido extracelular - líquido transcelular* es un tipo particular que incluye el líquido cefalorraquídeo, intraocular, pleural, peritoneal y sinovial. El líquido en el tracto gastrointestinal, aunque transcelular, también puede considerarse extracorpóreo. Las colecciones patológicas de trasudado transcelular se denominan de acuerdo al sitio: *ascitis* (cavidad peritoneal), *derrame pleural* (cavidad pleural) y *derrame pericárdico o hidropericardio* (saco pericárdico).

### **2.2.2 Fisiología Celular**

El cuerpo humano es un conjunto formado por cincuenta billones de células, agrupadas en tejidos y organizadas en diferentes sistemas. Si quisieras formar un cuerpo podrías comprar los elementos básicos en cualquier parte por muy poco dinero; pero la vida que albergan estas células reunidas con un propósito concreto, lo convierten en algo de valor incalculable.

Nuestro organismo parece saber que de la unión nace la fuerza, pues las células se organizan en tejidos, órganos, aparatos y sistemas para realizar sus funciones.

Sin embargo, y a pesar de su enorme rendimiento, el cuerpo humano sigue en constante evolución, sobre todo si es un recién llegado al planeta; por ejemplo: imaginemos que la vida se instauró en la Tierra hace 24 horas: el ser humano apenas ha vivido los últimos tres segundos.

Si bien tu cuerpo funciona gracias a la actividad de diversos sistemas, si no fuera por la célula nada andaría bien dentro de ti.

Es prácticamente la primera piedra para formar la estructura de una casa, la unidad básica de tu organismo, capaz de cumplir todas las funciones necesarias para el diario vivir: crecer, reproducirse, metabolizar, responder a estímulos y diferenciarse. Es muy pequeña, invisible al ojo humano, pero posee la habilidad de trabajar independientemente.

Para poder comprender cómo funciona el cuerpo humano, cómo se desarrolla y envejece y qué falla en caso de enfermedad, es imprescindible conocer las células que lo constituyen.

Todos los organismos vivos están formados por células, y en general se dice que ninguno es un ser vivo si no consta al menos de una. Algunos organismos microscópicos, como bacterias y protozoos, son células únicas (unicelulares), mientras que los animales y plantas están formados por muchos millones de células organizadas en tejidos y órganos.

Bacteria encontrada en manantiales termales Las amebas son organismos unicelulares.

### **Variedad celular**

Las células tienen una gran variedad de tamaños y formas, dependiendo principalmente de la adaptación a diferentes ambientes o funciones. Van desde unas décimas de micrón -la milésima parte de un milímetro- en las bacterias, hasta unos cuantos centímetros en algunas algas marinas.

En el interior de las células tienen lugar numerosas reacciones químicas que les permiten crecer, producir energía y eliminar residuos. El conjunto de estas reacciones se llama metabolismo (término que proviene de una palabra griega que significa cambio).

Las células pueden dividirse en dos grandes grupos: procarióticas y eucarióticas.

Entre ellas hay diferencias fundamentales en cuanto a tamaño y organización interna. Las procarióticas, que comprenden bacterias y cianobacterias (antes llamadas algas verdeazuladas), son células pequeñas y de estructura sencilla; el material genético está concentrado en una región, pero no hay ninguna membrana que separe esa zona del resto de la célula. Las eucarióticas, que forman todos los demás organismos vivos, incluidos protozoos, plantas, hongos y animales, son mucho mayores y tienen el material genético envuelto por una membrana que forma el núcleo. De hecho, el término eucariótico deriva del

griego "núcleo verdadero", mientras que procariótico significa "antes del núcleo".

### **Célula eucariótica: nuestra célula**

Las células que existen en nuestro organismo se destacan por tener una gran cantidad de formas y funciones específicas, pero con una estructura interna común. Uno de sus componentes es la membrana plasmática, que se encarga de mantener y delimitar lo que entra y sale de la célula, siendo la frontera entre lo intracelular y lo extracelular. Como el resto de las membranas celulares, posee una composición química de fosfolípidos y proteínas.

### **Membrana Celular**

Es una estructura delgada y elástica que reviste la célula, mide entre 7.5 y 10 nanómetros de grosor. Está formada casi por completo por proteínas lípidos; la composición aproximada es un 55% de proteínas, un 25% fosfolípidos, un 13% de colesterol, un 4% de otros lípidos y un 3% de hidratos de carbono.

### **Transporte**

El transporte a través de la membrana celular se da directamente a través de la capa lipídica doble, la cual constituye una barrera para el movimiento de la mayor parte de las moléculas de agua y sustancias hidrosolubles, ya que no es miscible ni con el líquido extracelular ni con el intracelular, aunque algunas sustancias pueden atravesar esta capa doble y entrar en célula o salir de ella, pasando a través de la propia sustancia lipídica. El transporte también se da a través de las moléculas proteicas, las cuales poseen propiedades completamente diferentes para el transporte de sustancias a través de la membrana, ya que sus estructuras moleculares interrumpen la continuidad de la capa lipídica doble y constituyen una vía alternativa a través de la membrana celular.

Ya sea a través de la capa lipídica doble o a través de las proteínas, el transporte se produce por medio de una de dos procesos básicos: **Difusión (Transporte Pasivo:** movimiento molecular aleatorio de sustancias, molécula

a molécula, ya sea a través de los espacios intermoleculares de la membrana o en combinación con una proteína portadora) o **Transporte Activo** (movimiento de iones u otras sustancias a través de la membrana en combinación con una proteína portadora, pero además, contra un gradiente de energía).

### **Osmolaridad**

Es la concentración osmolar expresada como osmoles por litro de solución. Este término surgió debido a la dificultad de medir kilogramos de agua en una solución, lo cual es necesario para medir la osmolalidad (osmoles/Kg. de agua), con la cual se determina la presión osmótica para soluciones diluidas, como son las corporales; las diferencias cuantitativas entre osmolaridad y osmolalidad son inferiores al 1%. La mayor parte de los estudios fisiológicos habitualmente prefieren determinar la osmolaridad, dado que es mucho más fácil y práctico.

### **2.2.3 Neurofisiología**

Es el estudio de cómo las células nerviosas o neuronas reciben o transmiten información. En el procesamiento de las señales nerviosas están implicados dos tipos de fenómenos: eléctricos y químicos. El proceso eléctrico propaga una señal en el interior de la neurona, y el proceso químico transmite la señal desde una neurona a otra, o a una célula muscular.

Las células nerviosas transmiten información desde unas partes del organismo hacia otras. Cada una de ellas tiene unas terminaciones ramificadas llamadas dendritas que se conectan con otras y un largo axón que transmite los impulsos recogidos.

Una neurona es una célula de gran longitud formada por un área central engrosada que contiene el núcleo, una prolongación larga llamada axón, y unas prolongaciones arborescentes más cortas llamadas dendritas. Las dendritas reciben los impulsos procedentes de otras neuronas. (Las excepciones son las neuronas sensitivas, como las que transmiten información sobre la temperatura o el tacto, en las que la señal es generada por receptores cutáneos

especializados). Estos impulsos se propagan eléctricamente a lo largo de la membrana celular hasta el final del axón. En el extremo del axón la señal se transmite de forma química a una neurona adyacente o a una célula muscular.

### **Sinapsis**

Una sinapsis consta de un botón presináptico, una hendidura sináptica y una superficie postsináptica. El punto de contacto entre dos neuronas adyacentes recibe el nombre de sinapsis y a través de él se transmite el impulso nervioso. Cuando el impulso nervioso llega al extremo del axón, las vesículas que contienen los neurotransmisores liberan su contenido en el espacio que queda entre las dos células nerviosas, denominado hendidura sináptica. La energía necesaria para la síntesis de las sustancias transmisoras es aportada por las mitocondrias presentes en la terminación presináptica. Los neurotransmisores son agentes químicos que viajan hasta la neurona más próxima y se adhieren a los receptores específicos que se encuentran en la membrana postsináptica.

Cuando la señal eléctrica alcanza el extremo del axón, éste estimula en la célula unas pequeñas, vesículas presinápticas. Estas vesículas contienen sustancias químicas llamadas neurotransmisores, y son liberadas en el espacio submicroscópico que existe entre las neuronas (hendidura sináptica). El neurotransmisor se une a receptores especializados sobre la superficie de la neurona adyacente. Este estímulo provoca la despolarización de la célula adyacente y la propagación de su propio potencial de acción. La duración de un estímulo procedente de un neurotransmisor está limitado por su degradación en la hendidura sináptica y su recaptación por la neurona que lo había elaborado. Antes se pensaba que cada neurona elaboraba sólo un neurotransmisor, pero estudios recientes han demostrado que algunas células elaboran dos o más.

### **Neurotransmisor**

Sustancia química que interviene en la producción de impulsos nerviosos en las uniones sinápticas entre neuronas o entre una neurona y el órgano que inerva. Los neurotransmisores se liberan por los botones presinápticos, en la transmisión del impulso nervioso, y pasan de las hendiduras sinápticas a las

superficies postsinápticas. En estas superficies se fijan a receptores específicos, originándose una respuesta concreta.

Los distintos neurotransmisores se elaboran en el cuerpo de las neuronas, desde donde son conducidos a las terminaciones presinápticas en las que se almacenan en forma de vesículas. Con la llegada de un estímulo nervioso son liberados desde estas posiciones permitiendo la transmisión del mismo.

Podemos destacar, sobre todo, dos tipos de neurotransmisores de los nervios periféricos: *la acetilcolina* y *la noradrenalina*. Las terminaciones nerviosas correspondientes a cada uno de estos neurotransmisores se denominan, por esta razón, *colinérgicas* y *adrenérgicas* respectivamente. La acetilcolina es el neurotransmisor *preganglionar* de todo el sistema nervioso periférico (tanto del sistema nervioso simpático como del parasimpático), siendo además el neurotransmisor *postganglionar* del sistema parasimpático. La noradrenalina es el neurotransmisor *postganglionar* del sistema nervioso simpático.

Los sistemas nerviosos simpático y parasimpático manifiestan su acción antagónica sobre los órganos que inervan en común, precisamente en base a la liberación de uno u otro de estos neurotransmisores.

A nivel del sistema nervioso central funcionan otros muchos neurotransmisores entre los que destacan, además de *la noradrenalina*, *la adrenalina* y *la dopamina*. La adrenalina es la hormona circulante de la médula suprarrenal e interviene en distintos lugares del organismo, como el corazón, el riñón o la vejiga urinaria.

#### **2.2.4 Neurofisiología del Sistema Nervioso Central y Periférico**

El Sistema Nervioso controla las actividades rápidas del cuerpo humano, como las contracciones musculares, los fenómenos viscerales que evolucionan rápidamente, e incluso las secreciones de algunas glándulas endocrinas. Este sistema se caracteriza por la enorme complejidad de las funciones de regulación que es capaz de realizar; el sistema nervioso, recibe, literalmente,

millones de pequeños datos de información (bits) procedentes de los distintos órganos sensoriales y, luego, los integra para determinar la respuesta adecuada que debe dar el organismo.

El sistema nervioso está conformado por más de 100.000 millones de neuronas. Las señales de entrada (*aférentes*) llegan a la neurona a través de la sinapsis que establecen las dendritas del soma neuronal; según los distintos tipos de neuronas, el número de conexiones sinápticas que mantienen esas fibras de entrada pueden ser de solo unos cientos, o llegar incluso a las 200.000. Por otra parte, la señal de salida (*eferente*) se transmite por el único axón que emite la neurona, pero dicho axón tiene muchas fibras separadas destinadas a otras partes del sistema nervioso o a la periferia del cuerpo.

#### **2.2.4.1 SISTEMA NERVIOSO CENTRAL**

Conocido también como *neuroeje*, el sistema nervioso central se aloja en el conducto óseo craneorraquídeo, y es el responsable de aquellas funciones superiores que diferencian al hombre del resto de los seres vivos. Está formado por dos centros nerviosos: ***La Médula Espinal y el Encéfalo.***

##### ***La Médula Espinal***

Se trata de la parte del sistema nervioso central que ocupa el conjunto raquídeo, y se denomina médula espinal por su ligero parecido con la médula de los huesos largos.

La médula se extiende desde el agujero occipital hasta la segunda vértebra lumbar, tiene una longitud de unos 45 cm., y termina en una especie de filamento que, debido a su aspecto, se denomina ***cola de caballo.***

Con apariencia de un cordón nervioso de forma cilíndrica, la médula espinal está formada por varias capas concéntricas que, de fuera a adentro, se denominan: ***meninges, sustancia blanca y sustancia gris.***

**Meninges :-** Son tres membranas protectoras que envuelven a la médula. La primera de ellas, la más externa, es la más resistente, y se le

denomina ***duramadre***; la más interna, conocida como ***piamadre***, se encuentra en contacto directo con la médula, y unida a la piamadre por unos finos hilos similares a los que forman la tela de una araña se encuentra una tercera capa, intermedia entre las dos anteriores, que recibe el nombre de ***aracnoides***. Entre las tres capas discurre un líquido llamado ***líquido cefalorraquídeo***.

**Sustancia Blanca** :-- Llamada también ***manto medular***, sus fibras longitudinales se distribuyen en varias porciones conocidas como ***cordones***. Denominados según su posición, existen dos cordones anteriores, dos cordones laterales y dos cordones posteriores.

**Sustancia Gris** :-- Formada por los cuerpos de las células nerviosas o ***neuronas***, ocupa la zona central de la médula. Si se le da un corte transversal, presenta forma de **H**, denominándose sus extremos ***astas anteriores y astas posteriores***, en función de su localización. Su parte central se encuentra atravesada por un canal denominado ***epéndimo***.

### ***El Encéfalo***

Constituye la parte del sistema nervioso central contenida dentro del cráneo, y esta formado por tres estructuras: ***el tronco cerebral, el cerebelo y el cerebro***.

**Tronco Cerebral** :-- Esta formado por un conjunto de cordones blancos que transcurren en dirección longitudinal, el tronco cerebral sirve como unión entre la médula espinal y el cerebro. Se divide en dos partes: ***el bulbo raquídeo y la protuberancia***.

- a) ***Bulbo Raquídeo***: En forma de tronco de cono, y con una longitud de 3 cm., el bulbo raquídeo constituye la continuación de la médula espinal dentro del cráneo. Diseminadas en esta estructura se encuentran unas pequeñas masas de sustancia gris denominadas ***núcleos***, la mayoría de los cuales dan lugar a nervios craneales.

**b) Protuberancia:** La protuberancia anular, denominada también **puente de Varolio**, es un órgano que rodea el bulbo raquídeo, comunicándolo con el cerebro y con el cerebelo por su parte posterior. Está formado por varios grupos de fibras nerviosas que se extienden longitudinal y transversalmente, y, como en el caso del bulbo, contiene núcleos de sustancia gris que dan lugar también a algunos nervios craneales.

**El Cerebelo :--** El cerebelo (metencéfalo) se encuentra en la parte posterior del cráneo, por debajo de los hemisferios cerebrales. Al igual que la corteza cerebral, está compuesto de sustancia gris con células amielínicas en la parte exterior y de sustancia blanca con células mielínicas en el interior. Consta de dos hemisferios (hemisferios cerebelosos), con numerosas circunvoluciones, conectados por fibras blancas que constituyen el vermis. Tres bandas de fibras denominadas pedúnculos cerebelosos conectan el cerebelo con el tronco cerebral. El cerebelo se une con el mesencéfalo por los pedúnculos superiores, con el puente de Varolio o protuberancia anular por los pedúnculos medios y con el bulbo raquídeo por los pedúnculos inferiores.

El cerebelo resulta esencial para coordinar los movimientos del cuerpo. Es un centro reflejo que actúa en la coordinación y el mantenimiento del equilibrio. El tono del músculo voluntario, como el relacionado con la postura y con el equilibrio, también es controlado por esta parte del encéfalo. Así, toda actividad motora, desde jugar al fútbol hasta tocar el violín, depende del cerebelo.

**El Cerebro :--** Es ésta la estructura más importante y voluminosa del encéfalo, que ocupa la mayor parte de la cavidad craneana. De todos los mamíferos, el cerebro humano es el que alcanza mayor desarrollo, alcanzando un peso aproximado de 1.160 gramos, aunque es algo menos pesado en el sexo femenino.

El cerebro se origina a partir del **prosencefalo o cerebro anterior**, que después, en una nueva división, dará lugar al **telencefalo y al diencefalo**.

El telencefalo está formado principalmente por los hemisferios cerebrales (**corteza cerebral y ganglios basales**). Los hemisferios cerebrales ocupan la mayor parte del cerebro humano y suponen cerca del 85% del peso cerebral. Su gran superficie y su complejo desarrollo justifican el nivel superior de inteligencia de los seres humanos si se compara con el de otros animales. Una fisura longitudinal los divide en hemisferio derecho y hemisferio izquierdo, que son simétricos, como una imagen vista en un espejo. **El cuerpo calloso** es un conglomerado de fibras nerviosas blancas que conectan estos dos hemisferios y transfieren información de uno a otro.

**Los ventrículos** son dos espacios bien definidos y llenos de líquido que se encuentran en cada uno de los dos hemisferios. Los ventrículos laterales se conectan con un tercer ventrículo localizado entre ambos hemisferios, a través de pequeños orificios que constituyen el **agujero de Monro**. El tercer ventrículo desemboca en el cuarto ventrículo, que se localiza delante de la médula y el cerebelo, a través de un canal fino llamado **acueducto de Silvio**. El líquido cefalorraquídeo que circula en el interior de estos ventrículos y además rodea a la médula espinal sirve para proteger la parte interna del cerebro de cambios bruscos de presión y para transportar sustancias químicas. Este líquido cefalorraquídeo se forma en los ventrículos laterales, en unos entramados vasculares que constituyen los **plexos coloides**.

La corteza cerebral presenta una capa superficial denominada sustancia gris, de unos 2 o 3 mm de espesor, formada por capas de **células amielínicas** (sin vaina de mielina que las recubre) que envuelven una sustancia interior de **fibras mielínicas** (con vaina blanca) denominada sustancia blanca. Las fibras mielínicas unen la corteza cerebral con otras partes del cerebro: la parte anterior del cerebro con la posterior, las diferentes zonas de la misma cara de la corteza cerebral y un lado del cerebro con el otro.

Los hemisferios cerebrales están divididos por una serie de cisuras en cinco lóbulos. Cuatro de los lóbulos se denominan como los huesos del cráneo que los cubren: **frontal, parietal, temporal y occipital**. El quinto lóbulo, **la ínsula**, no es visible desde fuera del cerebro y está localizado en el fondo de la cisura de Silvio. Los lóbulos frontal y parietal están situados delante y detrás, respectivamente, de la **cisura de Rolando**; la cisura parieto-occipital separa el lóbulo parietal del occipital; y el lóbulo temporal se encuentra por debajo de la cisura de Silvio. El diencéfalo origina el **tálamo y el hipotálamo**.

#### **2.2.4.1 SISTEMA NERVIOSO PERIFERICO**

Está formado por **nervios**, que a su vez están constituidos por haces de fibras nerviosas – prolongaciones de las neuronas –, cada una de las cuales está rodeada de una envoltura propia denominada **perineurio**; otra capa, llamada **endoneurio**, separa unas fibras nerviosas de otras y, por fin, todas se encuentran reunidas por una vaina común que recibe la denominación de **epineurio** o **neurilema**. Además, las fibras nerviosas pueden ser **mielínicas** o **amielínicas**, según se encuentren rodeadas de una sustancia llamada **mielina**. Las primeras dan lugar a los nervios craneales y raquídeos, propios del sistema nervioso central, y las segundas originan los nervios que forman el sistema nervioso vegetativo.

##### **Nervios Craneales**

Son doce pares de nervios que se originan en el encéfalo a partir de los núcleos de sustancia gris que existen en el bulbo y en la protuberancia, y terminan cada uno en un órgano distinto, al que inervan. Se designan con un nombre propio y un número romano, desde el **I** al **XII**. Los pares **I, II** y **VII** – **olfatorio, óptico y facial** – son *nervios sensitivos*; los pares **III, IV, VI, XI** y **XII** – **motor ocular común, motor ocular interno, motor ocular externo, espinal e hipogloso** – son *nervios motores* y, los pares **V, VIII, IX** y **X** – **trigémino, vestibular, glossofaríngeo y vago** – son *nervios mixtos*.

### 📍 **Nervios Raquídeos**

Son treinta y un pares de nervios que nacen a uno y otro lado de la médula espinal. Se trata de nervios mixtos, es decir que poseen una **raíz motora** y otra **sensitiva**, las cuales se unen al llegar al canal raquídeo formando cada uno de los nervios que salen por los agujeros de la conjunción de las vértebras.

A su salida, los nervios raquídeos se dividen en dos ramas que inervarán territorios distintos. La rama más pequeña se dirige hacia la región posterior del cuerpo, donde se distribuirá por los músculos de la misma. La rama mayor forma tres redes denominadas **plexos (plexo cervical, plexo braquial y plexo lumbar)**. Los nervios de estas redes inervan las extremidades superiores e inferiores y diversos órganos del cuerpo.

### 📍 **Receptores Sensoriales**

La mayoría de las funciones del sistema nervioso parten de una experiencia sensitiva que proviene de los *Receptores Sensoriales*, que pueden ser **Visuales, Auditivos, táctiles (situados en la superficie del cuerpo)**, o de otras clases. Esta experiencia sensitiva produce, a veces, una reacción inmediata; otras, su huella e impresión se conservan en el cerebro durante minutos, semanas o años y puede servir entonces para determinar las reacciones del cuerpo en algún momento posterior.

Una parte del sistema sensorial, la porción **Somática**, se encarga de transmitir la información sensitiva procedente de los receptores situados en toda la superficie corporal y algunas estructuras profundas. Esta información llega al sistema nervioso a través de los nervios periféricos y se dirige a numerosas áreas sensitivas situadas en *la médula espinal (a todos sus nervios), la sustancia reticular del bulbo raquídeo (de la protuberancia y del mesencéfalo), el cerebelo, el tálamo y las áreas somestésicas de la corteza cerebral*. Pero además de todas estas áreas sensoriales, las señales se retransmiten también a casi todo el resto del sistema nervioso.

## **El Dolor**

El dolor agudo comienza con la estimulación de uno o más de los numerosos receptores sensitivos especiales, denominados nociceptores, que hay en la piel y en los órganos internos. Estos receptores reciben información sobre el calor intenso, presión extrema, pinchazos o cortes, u otras acciones que puedan provocar daño corporal. Hay dos tipos de fibras nerviosas que llevan esta información desde los nociceptores hasta la médula espinal: las fibras A-delta, que transmiten la información con rapidez y parecen ser responsables de la sensación aguda del dolor; y las fibras C, que transmiten los impulsos de forma más lenta y pueden producir la sensación molesta de dolor.

En la médula espinal, los mensajes de los nociceptores pueden ser modulados por otros nervios espinales que aumentan o, con más frecuencia, disminuyen la intensidad del estímulo doloroso. Después, el impulso llega a diferentes partes del cerebro. Algunas áreas del cerebro determinan cuál es la localización y la causa del dolor, mientras que otras integran la información sensitiva con el estado global del organismo produciendo la sensación emocional que se denominada dolor. Estos mismos centros cerebrales pueden activar fibras nerviosas largas que descienden a la zona de la médula espinal donde se origina la señal dolorosa y la disminuyen.

A mediados de la década de 1970, los investigadores demostraron que muchas fibras que inhiben la transmisión del dolor en la médula espinal liberan un neurotransmisor denominado encefalina. Algunas áreas del cerebro que procesan los mensajes de dolor producen una sustancia química relacionada llamada endorfina. Aunque no está clara la función exacta de estas dos sustancias en la percepción del dolor, los científicos esperan que los estudios sobre éstas contribuyan a mejorar el tratamiento del dolor.

## **Reflexobiología**

Es el estudio de los reflejos o respuestas involuntarias que se producen en el organismo frente a un estímulo.

*El Reflejo*, consiste en la estimulación de un nervio sensitivo (aférente) a través de un órgano de los sentidos o receptor, seguida de la transmisión del estímulo, por lo general a través de un centro nervioso, a un nervio motor (eferente). El resultado de este proceso es la acción de un músculo o glándula, que recibe el nombre de efector. Sin embargo, en la mayoría de las acciones reflejas el estímulo pasa a través de una o más neuronas intermedias que modifican y dirigen su acción, a veces hasta el punto de producir la actividad muscular de todo el organismo. Por ejemplo, un estímulo doloroso aplicado en una mano produce la retirada refleja de la mano, la cual implica la contracción del grupo de músculos que cierran el ángulo de la articulación (músculos flexores) y la relajación del grupo opuesto de músculos, que por lo general mantienen abierto el ángulo de la articulación (músculos extensores). Si el estímulo es fuerte, las neuronas que lo coordinan lo transmiten a los músculos del brazo, y también a los músculos del tronco y de las piernas. El resultado es un salto para retirar del estímulo doloroso, no sólo el brazo, sino todo el cuerpo.

El sistema de neuronas coordinadoras funciona de manera que diferentes tipos de estímulos pueden dar lugar al mismo resultado. Por ejemplo, el estímulo producido por la visión de la comida y el originado por su olor, viajan por vías aferentes distintas, pero ambos confluyen en una vía final común que estimula la secreción por parte de las glándulas salivares. La vía final común también se activa a través de tractos nerviosos relacionados con ella por un estímulo que no esté conectado con la respuesta.

Por lo general, se conocen las rutas normales de muchos reflejos, y la presencia, ausencia o exageración de las respuestas físicas normales a ciertos estímulos constituyen síntomas que los neurólogos utilizan para determinar cuál es la situación de las vías neuronales implicadas. Un reflejo que los médicos comprueban de forma común es el reflejo rotuliano: un espasmo involuntario de la rodilla cuando se golpea ligeramente el tendón de la rótula. La presencia de este reflejo pone de manifiesto la eficacia de determinados tractos nerviosos de la médula espinal.

## 2.2.5 Sentidos Especiales

### **VISIÓN**

Es la facultad por la cual a través del ojo, órgano visual, se percibe el mundo exterior. Muchos organismos simples tienen receptores luminosos capaces de reaccionar ante determinados movimientos y sombras, pero la verdadera visión supone la formación de imágenes en el cerebro. Los ojos de los distintos organismos proporcionan imágenes de diversa claridad: este artículo se refiere a la visión en seres humanos y en otros animales con ojos de análoga complejidad.

La visión está relacionada en especial con la percepción del color, la forma, la distancia y las imágenes en tres dimensiones. En primer lugar, las ondas luminosas inciden sobre la retina del ojo, pero si estas ondas son superiores o inferiores a determinados límites no producen impresión visual. El color depende, en parte, de la longitud o longitudes de onda de las ondas luminosas incidentes, que pueden ser simples o compuestas, y en parte del estado del propio ojo, como ocurre en el daltonismo. La luminosidad aparente de un objeto depende de la amplitud de las ondas luminosas que pasan de él al ojo, y las pequeñas diferencias de luminosidad perceptibles siempre guardan una relación casi constante con la intensidad total del objeto iluminado.

Dentro de los principios ópticos normales, un punto por encima de la línea directa de visión queda un punto por debajo del centro de la retina y viceversa. Si la retina fuera observada por otra persona, el observador vería que la imagen del objeto formada en ella es una imagen invertida. Cualquier incremento en la magnitud de la imagen retiniana suele estar asociado con la proximidad del objeto. Cuando este mismo efecto se consigue mediante lentes, aun cuando la distancia real se incremente, el objeto parece aproximarse. Esta proximidad aparente es resultado de un razonamiento inconsciente. La mente asigna a cualquier objeto una talla determinada o conocida.

## **AUDICIÓN Y EQUILIBRIO**

Los oídos están situados a ambos lados de la cabeza, en la parte inferior del cráneo, siendo los órganos encargados de percibir los sonidos y de proporcionar al organismo información sobre el estado del cuerpo (equilibrio) y de la rotación del mismo. La onda sonora, recogida por la oreja, es llevada por el conducto auditivo externo hasta el tímpano donde choca produciendo vibraciones que son transmitidas al caracol. En él se forman las corrientes nerviosas que, a través del nervio auditivo, son conducidas al cerebro donde se construye la sensación correspondiente que nosotros percibimos como forma habitual de audición.

El rango de audición, igual que el de visión, varía de unas personas a otras. El rango máximo de audición en los seres humanos incluye frecuencias de sonido desde 16 hasta 28.000 ciclos por segundo. El menor cambio de tono que puede ser captado por el oído varía en función del tono y del volumen. Los oídos humanos más sensibles son capaces de detectar cambios en la frecuencia de vibración (tono) que correspondan al 0,03% de la frecuencia original, en el rango comprendido entre 500 y 8.000 vibraciones por segundo. El oído es menos sensible a los cambios de frecuencia si se trata de sonidos de frecuencia o de intensidad bajas.

***El Equilibrio:*** En los canales semicirculares hay unas células sensoriales que están en contacto con un líquido llamado endolinfa, que se agita cuando nos movemos proporcionando información al cerebro sobre nuestra posición en el espacio. Los canales semicirculares y el vestíbulo están relacionados con el sentido del equilibrio. En estos canales hay pelos similares a los del órgano de Corti, y detectan los cambios de posición de la cabeza.

Los tres canales semicirculares se extienden desde el vestíbulo formando ángulos más o menos rectos entre sí, lo cual permite que los órganos sensoriales registren los movimientos que la cabeza realiza en cada uno de los tres planos del espacio: arriba y abajo, hacia adelante y hacia atrás, y hacia la izquierda o hacia la derecha. Sobre las células pilosas del vestíbulo se

encuentran unos cristales de carbonato de calcio, conocidos en lenguaje técnico como otolitos y en lenguaje coloquial como arenilla del oído. Cuando la cabeza está inclinada, los otolitos cambian de posición y los pelos que se encuentran debajo responden al cambio de presión. Los ojos y ciertas células sensoriales de la piel y de tejidos internos, también ayudan a mantener el equilibrio; pero cuando el laberinto del oído está dañado, o destruido, se producen problemas de equilibrio. Es posible que quien padezca una enfermedad o un problema en el oído interno no pueda mantenerse de pie con los ojos cerrados sin tambalearse o sin caerse.

### **GUSTO y OLFATO**

**Sentido del Gusto:** Esta facultad de los humanos, entre otros animales, actúa por contacto de sustancias solubles con la lengua. El ser humano es capaz de percibir un abanico amplio de sabores como respuesta a la combinación de varios estímulos, entre ellos textura, temperatura, olor y gusto. Considerado de forma aislada, el sentido del gusto sólo percibe cuatro sabores básicos: dulce, salado, ácido y amargo; cada uno de ellos es detectado por un tipo especial de papilas gustativas.

La lengua posee casi 10.000 papilas gustativas que están distribuidas de forma desigual en la cara superior de la lengua, donde forman manchas sensibles a clases determinadas de compuestos que inducen las sensaciones del gusto. Por lo general, las papilas sensibles a los sabores dulce y salado se concentran en la punta de la lengua, las sensibles al ácido ocupan los lados y las sensibles al amargo están en la parte posterior. Los compuestos químicos de los alimentos se disuelven en la humedad de la boca y penetran en las papilas gustativas a través de los poros de la superficie de la lengua, donde entran en contacto con células sensoriales. Cuando un receptor es estimulado por una de las sustancias disueltas, envía impulsos nerviosos al cerebro. La frecuencia con que se repiten los impulsos indica la intensidad del sabor; es probable que el tipo de sabor quede registrado por el tipo de células que hayan respondido al estímulo.

**Sentido del Olfato:** En la parte central de la cara se encuentra la nariz. Por fuera se aprecian dos orificios nasales que sirven de entrada a unas cavidades interiores denominadas fosas nasales. Estas fosas están revestidas de una piel (mucosa) llamada pituitaria. La parte de adelante es de color rojo y tiene muchos capilares con sangre, por eso se denomina pituitaria roja. La parte posterior es de color amarillo y tiene muchos nervios, por eso se la denomina pituitaria amarilla. Las fosas nasales también sirven para calentar el aire cuando respiramos, ya que se comunican por la parte posterior con la faringe. Cuando una sustancia desprende olor, es decir, sale de ella gas, éste penetra en las fosas nasales y al llegar a la pituitaria amarilla se pone en contacto con las terminaciones nerviosas allí existentes las cuales envían la sensación al cerebro y de esta forma nosotros percibimos los distintos olores.

El olfato se localiza en el epitelio nasal. El epitelio olfatorio está ubicado en el techo de la cavidad nasal, el epitelio contiene cerca de 20 millones de células olfatorias especializadas, con axones que se extienden hacia arriba, como fibras de los nervios olfatorios. Esas fibras penetran la delgadísima placa cribada del hueso etmoides, situado en el piso del cráneo, a través de los poros de aquél hueso. El extremo de cada célula olfatoria de la superficie epitelial ostenta varios vellos olfatorios que, al parecer, reaccionan a los olores (sustancias químicas) presentes en el aire.

A diferencia de los bulbos gustativos, que sólo son sensibles a unas cuantas categorías de sabores, el epitelio olfatorio reacciona según se cree a unas 50 sustancias. Las mezclas de esas sensaciones olfatorias primarias generan el amplio espectro de olores que el humano es capaz de percibir. Los órganos olfatorios reaccionan a cantidades notablemente pequeñas de sustancias. Por ejemplo la ionona, que es el sustituto artificial del aroma de las violetas, puede detectarse por casi todas las personas cuando su concentración en el aire es de apenas una parte por más de 30.000 millones de partes de aire.

A pesar de su sensibilidad, el olfato es quizás el sentido que se adapta con mayor rapidez. Los receptores olfatorios se adaptan en un 50% durante el

primer segundo de estímulo, de modo que hasta los más desagradables olores presentes en el aire dejan de ser percibidos después de unos cuantos minutos. Parte de la adaptación ocurre, según se piensa, en el Sistema Nervioso Central.

### **2.2.6 Cardiología**

Hablar de cardiología es hablar del corazón, de sus funciones y de sus enfermedades.

El corazón es un órgano muscular hueco que recibe sangre de las venas y la impulsa hacia las arterias. El corazón humano tiene el tamaño aproximado de un puño. Se localiza por detrás de la parte inferior del esternón, y se extiende hacia la izquierda de la línea media del cuerpo. Es de forma más o menos cónica, con la base dirigida hacia arriba, hacia el lado derecho y algo hacia atrás; la punta está en contacto con la pared del tórax en el quinto espacio intercostal. Se mantiene en esta posición gracias a su unión a las grandes venas y arterias, y a estar incluido en el pericardio, que es un saco de pared doble con una capa que envuelve al corazón y otra que se une al esternón, al diafragma y a las membranas del tórax.

El corazón es una bomba doble en la que la sangre circula por dos sistemas cerrados y separados. La sangre cargada de oxígeno abandona el ventrículo izquierdo a través de la aorta. Circula por el cuerpo y retorna, desoxigenada, hasta la aurícula derecha por las venas cavas superior e inferior. El ventrículo derecho bombea la sangre por la arteria pulmonar hasta los pulmones, donde intercambia dióxido de carbono por oxígeno. La sangre oxigenada retorna después por las venas pulmonares a la aurícula izquierda, lista para la circulación arterial.

#### **Electrofisiología Cardíaca**

El corazón normal posee una rica variedad celular con propiedades anatómicas y fisiológicas bien diferenciadas, que a grandes rasgos pueden ser divididas en: *Células Marcapaso, Células no Marcapaso, Tejido Conectivo y vasos.*

Todas las células cardiacas excepto las que configuran el tejido conectivo tienen como característica común, la propiedad de generar corrientes eléctricas de muy bajo voltaje, como consecuencia de los desplazamientos iónicos, debidos fundamentalmente al **K<sup>+</sup>** y al **Na<sup>+</sup>**, y en menor medida al **Cl** y al **Ca<sup>++</sup>** que continuamente se están produciendo. Estas corrientes iónicas producen un flujo continuo bidireccional a través de una membrana celular, generando potenciales eléctricos cuya representación gráfica recogida en la superficie del cuerpo, es lo que conocemos como electrocardiograma (EKG).

### **Electrocardiografía**

Es un procedimiento de diagnóstico con el que se obtiene un registro de la actividad eléctrica del corazón. Los primeros estudios sobre la corriente eléctrica que se origina en el corazón datan de finales del siglo XIX, y se basaban en la utilización de un electrómetro capilar. Pero no fue hasta principios del siglo XX cuando el médico holandés Willem Einthoven desarrolló el galvanómetro de cuerda o alambre, impulsando, de esta manera, el desarrollo de la electrocardiografía. El electrocardiógrafo consta de un galvanómetro, un sistema de amplificación y otro de registro.

Las contracciones rítmicas del corazón están controladas por una serie ordenada de descargas eléctricas que se originan en el nodo sinusal de la aurícula derecha y se propagan a los ventrículos a través del nodo aurículoventricular y del haz de His (un haz de fibras neuromusculares). Mediante electrodos aplicados en varias regiones del cuerpo se puede obtener, tras amplificarlas, un registro de estas descargas eléctricas (transmitidas por los tejidos corporales desde el corazón hasta la piel). Este registro se llama electrocardiograma (EKG). La aguja del galvanómetro sólo se desplaza hacia arriba o hacia abajo. Cuando la corriente eléctrica que está registrando un electrodo va en la dirección del mismo, lo que se registra en el electrocardiograma es una onda positiva, es decir un desplazamiento de la aguja del galvanómetro hacia arriba; por el contrario, si lo que está registrando el electrodo es una corriente eléctrica que se aleja de él, lo que se obtendrá en

el registro es una onda negativa, por el trazado que origina la aguja del galvanómetro al desplazarse hacia abajo.

*Las principales partes de un EKG son:* la onda P, una onda más o menos sinusoidal que refleja la descarga eléctrica que se origina y propaga por las aurículas; el complejo QRS, que muestra el paso de la onda eléctrica a los ventrículos y la activación de éstos; y la onda T, señal de la repolarización de los ventrículos. El electrocardiograma es extremadamente útil para el diagnóstico y control de las arritmias cardíacas, de la angina de pecho y del infarto agudo de miocardio.

### **Presión Arterial**

Es la fuerza con la que el corazón bombea la sangre. Es la presión ejercida por la sangre sobre las paredes de las arterias. La presión arterial, conocida también como *tensión arterial*, es un índice de diagnóstico importante, en especial de la función circulatoria. Debido a que el corazón puede impulsar hacia las grandes arterias un volumen de sangre mayor que el que las pequeñas arteriolas y capilares pueden absorber, la presión retrógrada resultante se ejerce contra las arterias. Cualquier trastorno que dilate o contraiga los vasos sanguíneos, o afecte a su elasticidad, o cualquier enfermedad cardíaca que interfiera con la función de bombeo del corazón, afecta a la presión sanguínea. En las personas sanas la tensión arterial normal se suele mantener dentro de un margen determinado. El complejo mecanismo nervioso que equilibra y coordina la actividad del corazón y de las fibras musculares de las arterias, controlado por los centros nerviosos cerebroespinal y simpático, permite una amplia variación local de la tasa de flujo sanguíneo sin alterar la tensión arterial sistémica.

Para medir la tensión arterial se tienen en cuenta dos valores: el punto alto o máximo, en el que el corazón se contrae para vaciar su sangre en la circulación, llamado *sístole*; y el punto bajo o mínimo, en el que el corazón se relaja para llenarse con la sangre que regresa de la circulación, llamado *diástole*. La presión se mide en milímetros (mm) de mercurio con la ayuda de un

instrumento denominado esfigmomanómetro. Consta de un manguito de goma inflable conectado a un dispositivo que detecta la presión con un marcador. Con el manguito se rodea el brazo izquierdo y se insufla apretando una pera de goma conectada a éste por un tubo. Mientras el médico realiza la exploración, ausculta con un estetoscopio aplicado sobre una arteria en el antebrazo. A medida que el manguito se expande, se comprime la arteria de forma gradual. El punto en el que el manguito interrumpe la circulación y las pulsaciones no son audibles determina la presión sistólica. Sin embargo, su lectura habitual se realiza cuando al desinflarlo lentamente la circulación se reestablece. Entonces, es posible escuchar un sonido enérgico a medida que la contracción cardiaca impulsa la sangre a través de las arterias. Después, se permite que el manguito se desinfe gradualmente hasta que de nuevo el sonido del flujo sanguíneo desaparece. La lectura en este punto determina la presión diastólica que se produce durante la relajación del corazón. Durante un ciclo cardiaco o latido, la tensión arterial varía desde un máximo durante la sístole a un mínimo durante la diástole. Por lo general, ambas determinaciones se describen como una expresión proporcional del más elevado sobre el inferior, por ejemplo, 140/80. Cuando se aporta una sola cifra, ésta suele corresponder al punto máximo, o presión sistólica. Sin embargo, otra cifra simple denominada como presión de pulso es el intervalo o diferencia entre la presión más elevada y más baja. Por lo tanto, en una presión determinada como 160/90, la presión media será 70.

En las personas sanas la tensión arterial varía desde 80/45 en lactantes, a unos 120/80 a los 30 años, y hasta 140/85 a los 40 o más. Este aumento se produce cuando las arterias pierden su elasticidad que, en las personas jóvenes, absorbe el impulso de las contracciones cardiacas. La tensión arterial varía entre las personas, y en un mismo individuo, en momentos diferentes. Suele ser más elevada en los hombres que en las mujeres y los niños; es menor durante el sueño y está influida por una gran variedad de factores.

Muchas personas sanas tienen una presión sistólica habitual de 95 a 115 que no está asociada con síntomas o enfermedad. La tensión arterial elevada sin motivos aparentes, o hipertensión, se considera una causa que contribuye a la

arteriosclerosis. Las toxinas generadas dentro del organismo provocan una hipertensión extrema en diversas enfermedades. La presión baja de forma anormal, o hipotensión, se observa en enfermedades infecciosas y debilitantes, hemorragia y colapso. Una presión sistólica inferior a 80 se suele asociar con un estado de shock.

### 2.2.7 Neumología

Es la encargada del estudio de los pulmones y las vías respiratorias en general, así como sus funciones y enfermedades.

#### **Fisiología del Aparato Respiratorio**

La función del aparato respiratorio es proporcionar O<sub>2</sub> a la sangre arterial y eliminar CO<sub>2</sub> de la sangre venosa (intercambio gaseoso). Esta función depende de: *Ventilación Alveolar (VA)*: implica la renovación periódica del gas alveolar; un determinado volumen de aire (volumen corriente) debe alcanzar los alvéolos; *Difusión Alveolocapilar*: implica el movimiento de las moléculas de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> entre el alveolo y el capilar; *Perfusión Capilar*: flujo constante de determinado volumen minuto de sangre (GC) a través de la circulación capilar pulmonar, y *Relación Ventilación/Perfusión (VA/Q)*: la eficacia de la hematosis es máxima cuando esta relación es =1.

***Ventilación alveolar (VA)***: Determina la renovación cíclica del gas alveolar, para lo cual necesita: un sistema conductor (árbol traqueobronquial) y fuerza motriz para generar el flujo inspiratorio y vencer la resistencia que el parénquima pulmonar y la caja torácica ofrecen a su paso (mecánica ventilatoria).

***Difusión alveolocapilar de oxígeno***: La hematosis se produce por difusión pasiva, por simple diferencia de presión. El sistema respiratorio presenta una superficie de intercambio muy grande, ideal para facilitar la difusión gaseosa. En el individuo sano la barrera alveolocapilar no representa obstáculo para el intercambio gaseoso, ni en reposo ni en esfuerzo. Las enfermedades

caracterizadas por aumento del espesor de la barrera alveolocapilar (fibrosis intersticial) podrían dificultar la difusión del O<sub>2</sub>.

***Perfusión pulmonar:*** En el pulmón hay dos sistemas circulatorios diferentes: la circulación pulmonar y la bronquial. Al ser la primera de ellas la que interviene de manera directa en el intercambio de gases, es la más importante. Presenta estructura ramificada (arteria pulmonar, arteriolas, capilares, vénulas y venas pulmonares) similar a la del árbol traqueobronquial, los capilares pulmonares forman una densa red alrededor de cada unidad alveolar. La función pulmonar se mantiene intacta incluso en ausencia completa de circulación bronquial (trasplante pulmonar).

***Relación ventilación/perfusión (VA/Q):*** Es el factor determinante más importante de la capacidad de la unidad alveolar para intercambiar O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. En condiciones ideales este cociente debe aproximarse a la unidad; la cantidad (L/min.) de VA que recibe debe ser aproximadamente equivalente a la cantidad (L/min.) de sangre capilar que la perfunda.

Si un alveolo tiene un cociente menor a 1 significa que su ventilación es menor en relación con la perfusión que recibe, por tanto, es incapaz de eliminar la totalidad del CO<sub>2</sub> y oxigenar la sangre, esto se denomina "*cortocircuito o shunt*" arteriovenoso.

Cuando VA/Q es mayor a 1 hay mucho más O<sub>2</sub> en los alvéolos disponible para intercambio, por lo tanto, este O<sub>2</sub> se "desperdicia" para intercambio (al igual que el del espacio muerto anatómico), por lo que se le conoce como espacio muerto fisiológico.

***Transporte de oxígeno:*** Depende de: cantidad total de O<sub>2</sub> transportada por unidad de volumen sanguíneo [contenido arterial de O<sub>2</sub> (CaO<sub>2</sub>)] y del volumen de sangre movilizado por unidad de tiempo [GC].

El O<sub>2</sub> se transporta en sangre de dos formas: 1% disuelto en plasma y 99% combinado con la Hb. En una persona normal el CaO<sub>2</sub> es de 20 vol%. Esto no

debe confundirse con la  $PaO_2$ ; el valor del  $CaO_2$  equivale a la cantidad total de  $O_2$  existente en sangre arterial por unidad de volumen (vol%), mientras que la  $PaO_2$  corresponde a la presión parcial ejercida por la cantidad de  $O_2$  disuelta en el plasma.

El objetivo final del sistema de transporte de  $O_2$  es suministrar a la célula la cantidad necesaria de  $O_2$ . Por tanto, cuando la demanda de  $O_2$  aumenta, el  $QO_2$  (flujo de  $O_2$ ) también debe aumentar. Dado que ni la  $PaO_2$ , ni la  $SaO_2$  (saturación arterial de  $O_2$ ), ni el valor de Hb aumentan con el ejercicio, en el individuo sano el valor del  $CaO_2$  permanece inalterado. Por tanto, para satisfacer las nuevas necesidades tisulares de  $O_2$  se ponen en marcha mecanismos fisiológicos alternativos: Ó extracción periférica del  $O_2$  y Ó GC.

### **Los Pulmones**

Órganos pares situados en la cavidad torácica que llevan a cabo la respiración. Están presentes en mamíferos, aves y reptiles. Muchos anfibios y algunos peces también presentan pulmones.

En los seres humanos se localizan en la cavidad torácica, limitada por arriba por el cuello y por debajo por el diafragma, un músculo con forma de cúpula que separa esta cavidad de la abdominal. Los pulmones de los recién nacidos son de color rosado mientras que los de las personas adultas presentan distintas manchas grisáceas como consecuencia de las pequeñas partículas de polvo presentes en la atmósfera, que acceden a los pulmones con el aire inspirado. En general, las personas que viven en grandes ciudades o en zonas industriales presentan pulmones de color más oscuro que aquéllas que viven en el campo.

Mientras que el pulmón derecho tiene tres lóbulos, el pulmón izquierdo sólo tiene dos, con un hueco para acomodar el corazón. Las dos ramificaciones de la tráquea, llamadas bronquios, se subdividen dentro de los lóbulos en otras más pequeñas y éstas a su vez en conductos aéreos aún más pequeños. Terminan en minúsculos saquitos de aire, o alvéolos, rodeados de capilares. Cuando los alvéolos se llenan con el aire inhalado, el oxígeno se difunde hacia la sangre de

los capilares, que es bombeada por el corazón hasta los tejidos del cuerpo. El dióxido de carbono se difunde desde la sangre a los pulmones, desde donde es exhalado.

### **2.2.8 Fisiología Renal**

Esta conformada por el *Sistema Renal*, cuya principal y más importante función es la excreción, aunque su función es regular el equilibrio del medio interno, para esto existe tanto, la excreción de metabolitos, como la retención de anabolitos que el organismo necesita (iones), además tiene una función endocrina, ya que secreta sustancias que podrían considerarse como hormonas: renina, calicreina, eritropoyetina y prostaglandinas.

El riñón realiza sus funciones mediante varios mecanismos que son: *Filtración Glomerular, Reabsorción Tubular, Secreción y la Excreción a través de la orina.*

A nivel de los glomérulos ultrafiltra plasma desproteinizado (no filtra proteínas teóricamente), pero luego, a nivel de los túbulos renales, la mayor parte de este filtrado se reabsorbe; esto puede parecer trabajo extra, pero se puede explicar del punto de vista evolutivo. El origen de esta filtración fueron organismos unicelulares que al estar en medio de un ambiente hipotónico, debían sacar lo que sobraba, luego al aparecer los multicelulares debían meter agua al interior (filtración-reabsorción).

La unidad morfofuncional del riñón es el *nefrón*, que consta de un glomérulo y un sistema de túbulos, entre los que distinguimos un túbulo proximal que tiene el asa de Henle, luego el túbulo distal que desemboca en los tubos colectores y el líquido que sale por ellos ya es orina. La filtración se produce en el glomérulo, la reabsorción y secreción es tubular.

Existen 2 tipos de nefrones; están los *corticales (corteza)*, y los *yuxtglomerulares (médula)*. Los capilares se distribuyen paralelamente al sistema glomerular.

## **Circulación Renal**

El flujo sanguíneo renal es  $\frac{1}{4}$  del total, o sea, 1250 ml/min. Este flujo no guarda relación con el peso de los riñones (300 g) por lo tanto no es una circulación nutricia, sino que es una indicación de que el riñón participa en alguna otra función importante, que es la regulación del medio interno.

Al describir el nefrón se dijo que existen 2 flujos capilares: *Glomerular*, en que predomina el proceso de filtración y el *Peritubular*, en que hay un predominio de reabsorción y secreción tubular.

Experimentalmente se ha demostrado que tanto la filtración glomerular como el flujo sanguíneo glomerular son independientes de la Pa media, en un rango que varía tanto la filtración como la secreción, entre 80 y 180 mmHg, o sea, que en este rango existe autorregulación local del flujo renal.

Existen algunas sustancias que intervienen tanto en la regulación de la Pa como en la autorregulación del flujo sanguíneo renal.

**Aparato yuxtaglomerular (yg):** Está constituido por modificaciones de las células de la arteria aferente y de las del tubo distal cuando estas se juntan, es decir, el túbulo distal en alguna parte se adosa a la arteriola aferente pero la parte del túbulo distal modificado se llama mácula densa.

En este aparato yg se produce una de las enzimas que actúan como hormona, la renina. Esta es una enzima proteolítica que actúa sobre un angiotensinógeno plasmático y lo transforma en angiotensina I, la que por acción de un dipeptidilcarboxipeptidasa se transforma en una angiotensina II la que es fuertemente vasoconstrictora.

También la angiotensina II estimula la secreción de la aldosterona, la que retiene Na y por lo tanto, agua.

## **Reabsorción Tubular**

Del momento que filtran 125 ml/min. (180 l/día) se deduce forzosamente que existe reabsorción, la que se hace en todo el sistema tubular del nefrón, o sea,

túbulo proximal, asa de Henle y túbulo distal, pero aún en los tubos colectores mismos todavía se produce reabsorción de agua y solo cuando el líquido sale de los tubos colectores se deja de modificar y pasa a constituir la orina.

La reabsorción tubular permite conservar sustancias importantes para el organismo, como el agua, glucosa, aa, Vit, etc., además, la reabsorción es capaz de adaptarse a las necesidades del momento, es decir, participa en la homeostasis del medio interno.

**Reabsorción de urea:** es el principal producto nitrogenado del metabolismo proteico, y también el principal producto nitrogenado de la orina. En los túbulos renales se reabsorbe un 40 % de la urea filtrada, ya sea por mecanismos pasivos o por difusión facilitada. El Cl de urea es del orden de 70 ml/min. y la urea que se moviliza a nivel tubular participa en los mecanismos de reabsorción de agua.

**Reabsorción del agua:** Desde los comienzos del túbulo proximal hasta los túbulos colectores se hace principalmente mediante 2 mecanismos: *Se realiza en el túbulo proximal y asa de Henle:* Se llama obligatoria porque se hace por razones osmóticas a la reabsorción de solutos, especialmente: Na, cloruros, glucosa, etc. Esta reabsorción equivale a un 80 % de lo filtrado, de 80 l, 64 se reabsorben. Del 20% restante se excretan de 3 a 1,5, es decir, un 1%(1,8 l). *Reabsorción facultativa (Rf):* En los túbulos distal y colector se reabsorben aproximadamente un 19% del agua filtrada por la Rf. Esta es variable y se relaciona con la osmolaridad de los líquidos tisulares directamente con la osmolaridad del líquido intersticial (34,2 l). Esta reabsorción está bajo el control de la ADH cuya función directa es aumentar la permeabilidad al agua de los túbulos distal y colector.

### **Secreción Tubular**

Es el pasaje de sustancias desde el epitelio tubular o desde los capilares peritubulares hacia el lumen tubular. Se define como secreción a la entrada de sustancias al lumen de un túbulo; en cuanto a los mecanismos de secreción

también pueden ser activos o por simple difusión, también hay alguna sustancia que presenta  $T_m$  para secretarse. Entre las sustancias que se secretan hay una que conocemos, el ácido paraaminohipúrico y su  $Cl$  permite medir el flujo plasmático renal, porque en una sola pasada por el riñón se elimina por secreción y filtración. Otra sustancia de importancia fisiológica es la secreción de  $H$ , y la de  $NH_3$ .

### **Regulación del Equilibrio Ácido-Base por el Riñón:**

Los sistemas buffer que mantienen el pH no eliminan los iones  $H^+$ , tampoco la respiración. El único que elimina iones  $H^+$  es el riñón. En las células del epitelio renal se está produciendo  $CO_2$  que con agua forma  $H_2CO_3$  que se disocia en  $H^+$  y  $HCO_3^-$  y esta reacción en este epitelio es muy rápida por la presencia de Anhidrasa Carbónica (también en Glóbulos rojos).

Supongamos que en el filtrado viene Fosfato Bibásico que se disocia en iones  $Na^+$  y  $NaHPO_4^-$ . Los iones  $H^+$  salen al filtrado y el  $Na^+$  (que en el epitelio forma  $NaHCO_3$ ) va a entrar al túbulo y luego al capilar Peritubular. Por esto el túbulo recupera un  $Na^+$  y por ende se va a formar Fosfato Ácido de sodio. El  $NaCl$ , en forma similar al anterior, se disocia en  $Na^+$  y  $Cl^-$ . El  $Na^+$  se reabsorbe en el epitelio tubular formando Bicarbonato de Sodio ( $NaHCO_3$ ) que realiza el proceso antes mencionado, pero el ión  $H^+$  al juntarse con el  $Cl^-$  va a formar  $HCl$  que puede lesionar al epitelio. Cuando aumenta la acidez del filtrado se estimulan las células del epitelio tubular que, a través de la Glutamina, va a formar  $NH_3$  que es secretado al igual que el  $H^+$ , por lo que se forma cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ) que es una sal neutra que tampona al  $HCl$  y hace posible que se elimine este  $HCl$  sin dañar al túbulo. Además, es el amoníaco el que le da a la orina su olor característico.

Una vez que el filtrado pasa al túbulo colector, no se va a modificar más y así, como orina, pasa a la vejiga. El volumen de la orina es del 1% del filtrado, es decir, es de 1,8 Lt/día, pero puede variar entre 600 y 2500 ml/día según la

ingesta de agua. El adulto debe tomar, mínimo, 1,5 Lt de agua para evitarle trabajo osmótico al riñón.

De los constituyentes inorgánicos de la orina se pueden mencionar el NaCl, el K; el Ca, fosfatos, bicarbonatos, etc. Entre los constituyentes nitrogenados encontramos Urea, creatinina, ácido úrico, amoníaco y pocos aa. Tb. son importantes los esteroides en la orina, especialmente los 17-esteroides porque ellos son, indirectamente, un índice de la concentración de hormonas sexuales. Entre las vit. que se eliminan están el ácido ascórbico, ácido nicotínico y la riboflavina. Tb. se eliminan por la orina algunos pigmentos, especialmente derivados de la bilis.

La orina en ayunas no contiene glucosa, pero después de una comida abundante (más si es rica en H. de C), el 50% de los individuos va a tener 2 a 3 mg% de glucosa en la orina.

### **2.2.9 Hematología**

Es una especialidad médica relacionada con el estudio de la sangre y con los tejidos formadores de sangre. A los especialistas en esta rama de la medicina se les conoce como hematólogos. Estudian, diagnostican y tratan desórdenes de la sangre, como la leucemia, la anemia y la hemofilia, así como enfermedades de los órganos que producen sangre, incluyendo los ganglios linfáticos, la médula ósea y el bazo.

#### **La Sangre**

Es una sustancia líquida que circula por las arterias y las venas del organismo. La sangre es roja brillante o escarlata cuando ha sido oxigenada en los pulmones y pasa a las arterias; adquiere una tonalidad más azulada cuando ha cedido su oxígeno para nutrir los tejidos del organismo y regresa a los pulmones a través de las venas y de los pequeños vasos denominados capilares. En los pulmones, la sangre cede el dióxido de carbono que ha captado procedente de los tejidos, recibe un nuevo aporte de oxígeno e inicia un nuevo ciclo. Este movimiento circulatorio de sangre tiene lugar gracias a la

actividad coordinada del corazón, los pulmones y las paredes de los vasos sanguíneos.

**Composición de la Sangre:** La sangre está formada por un líquido amarillento denominado plasma, en el que se encuentran en suspensión millones de células que suponen cerca del 45% del volumen de sangre total. Tiene un olor característico y una densidad relativa que oscila entre 1,056 y 1,066. En el adulto sano el volumen de la sangre es una onceava parte del peso corporal, de 4,5 a 6 litros.

Una gran parte del plasma es agua, medio que facilita la circulación de muchos factores indispensables que forman la sangre. Un milímetro cúbico de sangre humana contiene unos cinco millones de corpúsculos o glóbulos rojos, llamados eritrocitos o hematíes; entre 5.000 y 10.000 corpúsculos o glóbulos blancos que reciben el nombre de leucocitos, y entre 200.000 y 300.000 plaquetas, denominadas trombocitos. La sangre también transporta muchas sales y sustancias orgánicas disueltas.

### **Eritrocitos**

Los eritrocitos, o glóbulos rojos de la sangre, son los transportadores primarios del oxígeno de las células y de los tejidos corporales; tienen forma de discos redondeados, bicóncavos y con un diámetro aproximado de 7,5 micras. En el ser humano y la mayoría de los mamíferos los eritrocitos maduros carecen de núcleo. En algunos vertebrados son ovales y nucleados. La hemoglobina, una proteína de las células rojas de la sangre, es el pigmento sanguíneo especial más importante y su función es el transporte de oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, donde capta dióxido de carbono que conduce a los pulmones para ser eliminado hacia el exterior.

### **Leucocitos**

Los Leucocitos o glóbulos blancos de la sangre son de dos tipos principales: los granulados, con núcleo multilobulado, y los no granulados, que tienen un núcleo redondeado. Los leucocitos granulados o granulocitos incluyen los neutrófilos,

que fagocitan y destruyen bacterias; los eosinófilos, que aumentan su número y se activan en presencia de ciertas infecciones y alergias, y los basófilos, que segregan sustancias como la heparina, de propiedades anticoagulantes, y la histamina que estimula el proceso de la inflamación. Los leucocitos no granulados están formados por linfocitos y un número más reducido de monocitos, asociados con el sistema inmunológico. Los linfocitos desempeñan un papel importante en la producción de anticuerpos y en la inmunidad celular. Los monocitos digieren sustancias extrañas no bacterianas, por lo general durante el transcurso de infecciones crónicas.

### **Plaquetas**

Los trombocitos, o plaquetas, son los componentes celulares más pequeños de la sangre. Circulan sin actividad, unos 250.000 por milímetro cúbico de sangre, hasta que entran en contacto con un vaso sanguíneo dañado. En este punto, las plaquetas se acumulan, se adhieren unas a otras y cierran el vaso. Secretan compuestos químicos que modifican a una proteína córnea de la sangre, el fibrinógeno, de modo que forma una malla de fibras en el lugar dañado. El coágulo se forma cuando quedan atrapadas entre las fibras, plaquetas y células sanguíneas blancas y rojas. La coagulación comienza pocos segundos después de la lesión. El mismo proceso puede producir coágulos indeseables en vasos sanguíneos no dañados.

### **Hemostasia y Coagulación**

La salida de sangre de un vaso lesionado se tapona gracias a un proceso llamado hemostasia que tiene lugar en 3 fases. En un primer momento, tiene lugar una vasoconstricción local, favorecida por la liberación de serotonina y otras sustancias vasoconstrictoras que provienen de las plaquetas: de esta manera, se reduce la pérdida de sangre. La segunda fase consiste en la aglutinación de las plaquetas y la formación de un agregado plaquetario que tapona rápidamente la zona lesionada. Este tapón es temporal y se transforma en un coágulo gracias a la transformación del fibrinógeno, proteína soluble, en fibrina, insoluble. Este proceso constituye la tercera fase de la hemostasia, denominada coagulación: se producen una serie de reacciones en cadena que,

gracias a la liberación de diversos factores, presentes en la sangre y liberados por el tejido lesionado, y a las plaquetas, determinan la síntesis de fibrina. Las moléculas de fibrina constituyen una red tridimensional en la que quedan atrapados los elementos que componen la sangre (plaquetas, glóbulos blancos y glóbulos rojos).

Una de las propiedades más notables de la sangre es su capacidad para formar coágulos, o coagular, cuando se extrae del cuerpo. Dentro del organismo un coágulo se forma en respuesta a una lesión tisular, como un desgarro muscular, un corte o un traumatismo penetrante. En los vasos sanguíneos la sangre se encuentra en estado líquido, poco después de ser extraída adquiere un aspecto viscoso y más tarde se convierte en una masa gelatinosa firme. Después esta masa se separa en dos partes: un coágulo rojo firme que flota libre en un líquido transparente rosado que se denomina suero.

Un coágulo está formado casi en su totalidad por eritrocitos encerrados en una red de finas fibrillas o filamentos constituidos por una sustancia denominada fibrina. Esta sustancia no existe como tal en la sangre pero se crea, durante el proceso de la coagulación, por la acción de la trombina, enzima que estimula la conversión de una de las proteínas plasmáticas, el fibrinógeno, en fibrina. La trombina no está presente en la sangre circulante. Ésta se forma a partir de la protrombina, otra proteína plasmática, en un proceso complejo que implica a las plaquetas, ciertas sales de calcio, sustancias producidas por los tejidos lesionados y el contacto con las superficies accidentadas. Si existe algún déficit de estos factores la formación del coágulo es defectuosa. La adición de citrato de sodio elimina los iones de calcio de la sangre y por consiguiente previene la formación de coágulos. La carencia de vitamina K hace imposible el mantenimiento de cantidades adecuadas de protrombina en la sangre. Ciertas enfermedades pueden reducir la concentración sanguínea de varias proteínas de la coagulación o de las plaquetas.

### 2.2.10 Gastroenterología

Especialidad médica que estudia el sistema digestivo humano y las enfermedades que le afectan. Los especialistas en ese campo, llamados gastroenterólogos, estudian y tratan trastornos del esófago, el estómago, el intestino delgado, el intestino grueso y el colon —lo que, en conjunto, se conoce como tracto gastrointestinal, así como del hígado, la vesícula biliar y otros órganos implicados en la digestión.

#### **Boca y Esófago**

**La Boca:** es un orificio presente en la mayoría de los animales, a través del cual se ingiere el alimento y se emiten sonidos para comunicarse. La boca de los vertebrados se caracteriza por la presencia de los labios o pliegues carnosos que bordean la entrada, los dientes y la lengua. En los seres humanos, la boca está formada por dos cavidades: la cavidad bucal, entre los labios y mejillas y el frontal de los dientes, y la cavidad oral, entre la parte interior de los dientes y la faringe. Las glándulas salivares parótidas vierten en la cavidad bucal y las demás glándulas salivares en la cavidad oral. El paladar de la cavidad oral es de hueso, es duro en la parte frontal y fibroso y más blando en la parte posterior. El cielo de la boca termina por detrás, a la altura de la faringe, en varios pliegues sueltos y membranosos

**El Esófago:** es un conducto muscular que forma parte del tubo digestivo, situado entre el extremo inferior de la laringofaringe y el superior del estómago.

En el ser humano tiene una longitud que oscila entre los 23 y los 25 cm., y su función principal es el transporte del alimento hacia el estómago. Está formado por varias capas que desde el exterior hacia el interior son: adventicia, muscular (con fibras longitudinales y circulares), submucosa (con tejido conectivo, vasos sanguíneos y glándulas mucosas) y mucosa, que también contiene este tipo de glándulas. El alimento progresa por el esófago hacia el estómago mediante movimientos musculares involuntarios denominados movimientos peristálticos; se originan debido a la capa muscular y están controlados por el bulbo raquídeo.

El peristaltismo supone una serie de contracciones y relajaciones del esófago que en forma de ondas se desplazan hacia abajo y propulsan el bolo alimenticio hacia el estómago, proceso que se ve facilitado por el moco secretado por las glándulas mucosas.

### **Estomago**

Es un órgano del aparato digestivo. La mayoría de los animales, al igual que el hombre, tienen sólo un estómago, mientras que las aves y los rumiantes tienen órganos digestivos formados por dos o más cámaras. La superficie externa del estómago es lisa, mientras que la interna presenta numerosos pliegues que favorecen la mezcla de los alimentos con los jugos digestivos y transporta este material a través del estómago hacia el intestino. Parece que en el estómago sólo se absorben agua, alcohol y ciertos fármacos. La mayor parte de la absorción de alimentos tiene lugar en el intestino delgado.

Localizado en el lado izquierdo del cuerpo, bajo el diafragma, el estómago es un órgano muscular que conecta el esófago con el intestino delgado. Su principal función es la descomposición de los alimentos. Las células de su revestimiento secretan enzimas, ácido clorhídrico y otros productos químicos que continúan el proceso digestivo que comienza en la boca. También produce sustancias mucosas que impiden el contacto con las propias paredes del estómago. Constituye, así mismo, un órgano dilatable de almacenamiento. Un músculo circular que existe en la parte inferior, permite al estómago guardar casi un litro y medio de comida, lo que hace posible no tener que ingerir alimento cada poco tiempo.

### **Sistema Intestinal**

Es una porción del tracto digestivo situado entre el estómago y el ano. En la especie humana, el intestino se divide en dos secciones principales: el intestino delgado, que tiene unos 6 m de longitud, donde se produce la parte más importante de la digestión y se absorben la mayoría de los nutrientes, y el intestino grueso, que tiene un diámetro mayor, una longitud aproximada de 1,5

m y es donde se absorbe el agua y determinados iones; desde él se excretan los materiales sólidos de desecho.

El intestino delgado está enrollado en el centro de la cavidad abdominal (véase Abdomen) y está dividido en tres partes: duodeno, yeyuno e íleon. La porción superior o duodeno comprende el píloro, la abertura de la parte inferior del estómago por la que vacía su contenido en el intestino. El duodeno tiene la forma de una herradura que rodea tanto a una parte del páncreas y el conducto pancreático, como a los conductos del hígado y de la vesícula biliar que vierten en él. El yeyuno o parte media del intestino delgado se extiende desde el duodeno hasta su porción terminal o íleon, que acaba en un lado de la primera parte del intestino grueso llamada el ciego. El intestino delgado tiene una membrana de revestimiento o mucosa, adaptada para la digestión y absorción que está plegada y cubierta por unas pequeñas prolongaciones llamadas vellosidades; éstas son pequeños tubos de epitelio que rodean un vaso linfático y gran cantidad de capilares. En su base se abren unas pequeñas depresiones glandulares llamadas criptas de Lieberkühn, que secretan las enzimas necesarias para la digestión intestinal. Las proteínas e hidratos de carbono digeridos pasan de los capilares de las vellosidades a la vena porta, que entra en el hígado, mientras que las grasas digeridas se absorben a través de los pequeños vasos linfáticos y alcanzan el flujo sanguíneo general. La mucosa del intestino delgado también secreta la hormona secretina que estimula al páncreas para producir las enzimas digestivas.

El intestino grueso se divide en el ciego, el colon ascendente, el colon transverso, el colon descendente, el colon sigmoideo y el recto. El ciego es un saco abultado que se localiza en la porción inferior derecha de la cavidad abdominal y en los animales herbívoros tiene un gran tamaño. En la especie humana, las dos partes importantes del ciego son el apéndice vermiforme vestigial, que se altera con frecuencia, y la válvula ileocecal, una estructura membranosa situada entre el íleon y el ciego que regula el paso del material alimenticio desde el intestino delgado al grueso y evita el retroceso de los productos de desecho tóxicos en el sentido inverso. El colon ascendente se

eleva por el lado derecho del abdomen; el colon transverso lo cruza en horizontal y el colon descendente se dirige hacia abajo por su lado izquierdo. El colon sigmoideo es la porción que adopta esta forma cuando entra en la cavidad pélvica. La parte terminal del intestino o recto mide unos 15 cm. de longitud y debe este nombre a su forma casi recta. La salida del recto se llama ano y está cerrada por un músculo que lo rodea, el esfínter anal. El intestino grueso tiene un revestimiento mucoso liso (sólo el recto tiene pliegues) que secreta mucus para lubricar los materiales de desecho.

El alimento y los materiales de desecho atraviesan toda la longitud del intestino movidos por las contracciones rítmicas o movimientos peristálticos de sus músculos. La totalidad del volumen intestinal mantiene su posición en la cavidad abdominal gracias a unas membranas llamadas mesenterios.

### **Hígado**

Es el órgano interno más grande de los vertebrados. Pesa cerca de 1,5 Kg., es de color rojo oscuro y está situado en el cuadrante superior derecho de la cavidad abdominal.

En el embrión, el hígado surge como un crecimiento excesivo de la porción superior del duodeno, justo por debajo del estómago. A diferencia de cualquier otro órgano, el hígado tiene dos vías por las que recibe sangre: la arteria hepática transporta sangre oxigenada procedente del corazón, y la vena porta, que transporta sustancias alimenticias desde el estómago y los intestinos. Estos vasos sanguíneos penetran en el tejido glandular del hígado y se dividen hasta formar sinusoides capilares diminutos (capilares por los que circula la sangre desde la vena porta y la arteria hepática y va a parar a la vena centrolobulillar o vena central).

El hígado obtiene su propio suministro de sangre oxigenada de la arteria hepática, que se bifurca de la aorta. La sangre que abandona el hígado es recogida por las venas hepáticas, unidas entre sí para formar una sola vena hepática, que vierte la sangre que transporta en la vena cava inferior; desde la

vena cava inferior la sangre regresa al lado derecho del corazón, para ser bombeada hacia los pulmones.

El hígado está constituido por formaciones diminutas que reciben el nombre de lobulillos o lóbulos hepáticos y están separados entre sí por tejido conectivo; en la periferia también se encuentran los espacios porta, que contienen cada uno un conducto biliar, y una rama de la vena porta y otra de la arteria hepática. Estos lobulillos tienen forma hexagonal; están compuestos por columnas de células hepáticas o hepatocitos dispuestas de forma radial alrededor de la vena central, rodeadas por canales diminutos, conocidos como canaliculos biliares, hacia los que se vierte la bilis que segregan los hepatocitos. Estos canales se unen para formar conductos cada vez más grandes, que terminan en el conducto hepático. El conducto hepático y el conducto procedente de la vesícula biliar forman el conducto común de la bilis, que descarga su contenido en el duodeno. Por lo general, en los primates y en los carnívoros el conducto pancreático se une con el conducto común de la bilis antes de penetrar en el intestino.

### ***Páncreas***

Es una glándula sólida localizada transversalmente sobre la pared posterior del abdomen. Su longitud oscila entre 15 y 20 cm., tiene una anchura de unos 3,8 cm. y un grosor de 1,3 a 2,5 centímetros. Pesa 85 g y su cabeza se localiza en la concavidad del duodeno llamada asa duodenal.

El páncreas tiene una secreción exocrina y una endocrina. La secreción exocrina está compuesta por un conjunto de enzimas que se liberan en el intestino para ayudar en la digestión: es el jugo pancreático. La secreción endocrina, la insulina, es fundamental en el metabolismo de glúcidos en el organismo. La insulina se produce en el páncreas en grupos pequeños de células especializadas denominadas islotes de Langerhans. Cuando estas células no producen insulina suficiente se origina una diabetes. En 1968 fueron realizados los primeros trasplantes en cuatro diabéticos utilizando órganos de cadáveres. Los trasplantes de páncreas conllevan enormes dificultades, y sólo uno de cada

diez transplantados sobrevive más de un año a pesar del uso de fármacos como la ciclosporina.

Las enfermedades pancreáticas no son frecuentes. La pancreatitis aguda es, sin embargo, una enfermedad grave que puede ser mortal si no se trata de inmediato. Los síntomas, aunque muy dolorosos, no son muy claros, ya que pueden confundirse con los de una peritonitis o los de una obstrucción intestinal.

### **2.2.11 Endocrinología**

Especialidad médica que estudia el sistema endocrino humano y las enfermedades que le afectan. Los especialistas en ese campo, llamados endocrinólogos, estudian y tratan enfermedades de la hipófisis, las glándulas suprarrenales, la tiroides, las glándulas paratiroides, los ovarios, los testículos, el páncreas, la placenta, entre otros; los cuales conforman el sistema endocrino.

#### **Sistema Endocrino**

Conjunto de órganos y tejidos del organismo que liberan un tipo de sustancias llamado hormonas. Los órganos endocrinos también se denominan glándulas sin conducto o glándulas endocrinas, debido a que sus secreciones se liberan directamente en el torrente sanguíneo, mientras que las glándulas exocrinas liberan sus secreciones sobre la superficie interna o externa de los tejidos cutáneos, la mucosa del estómago o el revestimiento de los conductos pancreáticos. Las hormonas secretadas por las glándulas endocrinas regulan el crecimiento, el desarrollo y las funciones de muchos tejidos, y coordinan los procesos metabólicos del organismo. La endocrinología es la ciencia que estudia las glándulas endocrinas, las sustancias hormonales que producen estas glándulas, sus efectos fisiológicos, así como las enfermedades y trastornos debidos a alteraciones de su función.

Los tejidos que producen hormonas se pueden clasificar en tres grupos: glándulas endocrinas, cuya función es la producción exclusiva de hormonas;

glándulas endo-exocrinas, que producen también otro tipo de secreciones además de hormonas; y ciertos tejidos no glandulares, como el tejido nervioso del sistema nervioso autónomo, que produce sustancias parecidas a las hormonas.

### **Hipófisis**

La hipófisis, está formada por tres lóbulos: el anterior, el intermedio, que en los primates sólo existe durante un corto periodo de la vida, y el posterior. Se localiza en la base del cerebro y se ha denominado la "glándula principal". Los lóbulos anterior y posterior de la hipófisis segregan hormonas diferentes. El anterior libera varias hormonas que estimulan la función de otras glándulas endocrinas, por ejemplo, la adrenocorticotropina, hormona adrenocorticotropa o ACTH, que estimula la corteza suprarrenal; la hormona estimulante de la glándula tiroides o tirotropina (TSH) que controla el tiroides; la hormona estimulante de los folículos o folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH), que estimulan las glándulas sexuales; y la prolactina, que, al igual que otras hormonas especiales, influye en la producción de leche por las glándulas mamarias. La hipófisis anterior es fuente de producción de la hormona del crecimiento, denominada también somatotropina, que favorece el desarrollo de los tejidos del organismo, en particular la matriz ósea y el músculo, e influye sobre el metabolismo de los hidratos de carbono. La hipófisis anterior también secreta una hormona denominada estimuladora de los melanocitos, que estimula la síntesis de melanina en las células pigmentadas o melanocitos. En la década de 1970, los científicos observaron que la hipófisis anterior también producía sustancias llamadas endorfinas, que son péptidos que actúan sobre el sistema nervioso central y periférico para reducir la sensibilidad al dolor.

**El hipotálamo:** porción del cerebro de donde deriva la hipófisis, secreta una hormona antidiurética (que controla la excreción de agua) denominada vasopresina, que circula y se almacena en el lóbulo posterior de la hipófisis. La vasopresina controla la cantidad de agua excretada por los riñones e incrementa la presión sanguínea. El lóbulo posterior de la hipófisis también

almacena una hormona fabricada por el hipotálamo llamada oxitocina. Esta hormona estimula las contracciones musculares, en especial del útero, y la excreción de leche por las glándulas mamarias.

La secreción de tres de las hormonas de la hipófisis anterior está sujeta a control hipotalámico: la secreción de tirotrópina está estimulada por el factor liberador de tirotrópina (TRF), y la de hormona luteinizante, por la hormona liberadora de hormona luteinizante (LHRH). La dopamina elaborada por el hipotálamo suele inhibir la liberación de prolactina por la hipófisis anterior. Además, la liberación de la hormona de crecimiento se inhibe por la somatostatina, sintetizada también en el páncreas. Esto significa que el cerebro también funciona como una glándula.

### **Glándulas Suprarrenales**

Cada glándula suprarrenal está formada por una zona interna denominada médula y una zona externa que recibe el nombre de corteza. Las dos glándulas se localizan sobre los riñones. La médula suprarrenal produce adrenalina, llamada también epinefrina, y noradrenalina, que afecta a un gran número de funciones del organismo. Estas sustancias estimulan la actividad del corazón, aumentan la tensión arterial, y actúan sobre la contracción y dilatación de los vasos sanguíneos y la musculatura. La adrenalina eleva los niveles de glucosa en sangre (glucemia). Todas estas acciones ayudan al organismo a enfrentarse a situaciones de urgencia de forma más eficaz. La corteza suprarrenal elabora un grupo de hormonas denominadas glucocorticoides, que incluyen la corticosterona y el cortisol, y los mineralocorticoides, que incluyen la aldosterona y otras sustancias hormonales esenciales para el mantenimiento de la vida y la adaptación al estrés. Las secreciones suprarrenales regulan el equilibrio de agua y sal del organismo, influyen sobre la tensión arterial, actúan sobre el tejido linfático, influyen sobre los mecanismos del sistema inmunológico y regulan el metabolismo de los glúcidos y de las proteínas. Además, las glándulas suprarrenales también producen pequeñas cantidades de hormonas masculinas y femeninas.

### **Tiroides**

La tiroides es una glándula bilobulada situada en el cuello. Las hormonas tiroideas, la tiroxina y la triyodotironina aumentan el consumo de oxígeno y estimulan la tasa de actividad metabólica, regulan el crecimiento y la maduración de los tejidos del organismo y actúan sobre el estado de alerta físico y mental. El tiroides también secreta una hormona denominada calcitonina, que disminuye los niveles de calcio en la sangre e inhibe su reabsorción ósea.

### **Glándulas Paratiroides**

Las paratiroides se localizan en un área cercana o están inmersas en la glándula tiroides. La hormona paratiroidea o parathormona regula los niveles sanguíneos de calcio y fósforo y estimula la reabsorción de hueso.

## **2.2.12 Fisiología del Ejercicio**

Existen dos clases de ejercicio: **isotónico e isométrico**. El ejercicio isotónico implica la contracción de grupos musculares contra una resistencia baja a lo largo de un recorrido largo, como al correr, nadar o hacer gimnasia sueca. En el ejercicio isométrico los músculos se mueven contra una resistencia elevada a lo largo de un recorrido corto, como al empujar o tirar de un objeto inamovible. El ejercicio isométrico es mejor para desarrollar los músculos largos, y el ejercicio isotónico es más beneficioso para el sistema cardiovascular: aumenta la cantidad de sangre que bombea el corazón y favorece la proliferación de pequeños vasos que transportan el oxígeno a los músculos. Todos estos cambios permiten una actividad física sostenida. Ningún tipo de ejercicio aumenta el número de fibras musculares, pero ambos, especialmente el ejercicio isométrico, aumentan el grosor de las fibras musculares y su capacidad de almacenar glucógeno, el combustible de las células musculares.

### **Termorregulación**

Capacidad que posee el cuerpo para mantener la temperatura corporal en ciertos límites.

**Temperatura Corporal:** El ser humano es un animal homeotermo que en condiciones fisiológicas normales mantiene una temperatura corporal constante y dentro de unos límites muy estrechos, entre  $36,6 \pm 0,38$  °C, a pesar de las amplias oscilaciones de la temperatura ambiental. Esta constante biológica se mantiene gracias a un equilibrio existente entre la producción de calor y las pérdidas del mismo y no tiene una cifra exacta. Existen variaciones individuales y puede experimentar cambios en relación al ejercicio, al ciclo menstrual, a los patrones de sueño y a la temperatura del medio ambiente. La temperatura axilar y bucal es la más influida por el medio ambiente, la rectal puede ser modificada por el metabolismo del colon y el retorno venosos de las extremidades inferiores y la timpánica por la temperatura del pabellón auricular y del conducto auditivo externo. También existen diferencias regionales importantes, pudiendo encontrarse diferencias de hasta 10-15°C entre la existente en los órganos centrales (corazón, cerebro y tracto gastrointestinal) y las puntas de los dedos. La medición más fiable es la tomada en el esófago (en su cuarto inferior), siendo ésta especialmente útil en las situaciones de hipotermia, ya que presenta la ventaja de modificarse al mismo tiempo que la de los territorios más profundos del organismo.

### **Adaptaciones Circulatorias Durante el Ejercicio**

Las adaptaciones circulatorias del ejercicio no se implican a los músculos esqueléticos porque aumenta el requerimiento del oxígeno del corazón y porque se debe evitar que se desvíe sangre desde el encéfalo hacia los músculos. Por supuesto, el flujo sanguíneo a través de los pulmones debe aumentar en la misma producción que el flujo se acelere tanto como para dificultar el intercambio gaseoso adecuado. Estos grandes cambios adaptativos de la circulación obedecen a la interacción de factores nerviosos y químicos, muchos de los cuales todavía no se conocen con precisión.

**Corazón:** Hablando fisiológicamente, el corazón es sobre todo un órgano respiratorio, en los periodos de reposo entre los episodios de ejercicio hasta que se puedan movilizar las reservas. Sin embargo, los tejidos no disponen de ningún mecanismo para almacenar oxígeno, por lo tanto cualquier aumento de

las necesidades de oxígeno debe ser satisfecho con un aumento similar del transporte de ese gas a los tejidos.

Esto se cumple de dos maneras: desviando la sangre hacia los músculos activos desde regiones menos activas y aumentando el volumen de sangre que el corazón bombea por minuto. No solo aumenta el flujo sanguíneo para los músculos cuando estos entran en actividad sino que también se extrae mayor volumen de oxígeno por cada volumen de sangre.

Desde hace mucho tiempo se considera que la creciente acción de bombeo del corazón es la más importante de las respuestas adaptativas para aumentar la entrega de oxígeno a los músculos en actividad y que es el factor que suele establecer el límite superior de la capacidad de ejercicio. Hay pruebas de que también serían importantes las modificaciones de los vasos periféricos por las cuales aumenta la capacidad de los vasos sanguíneos de los músculos para recibir el mayor flujo sanguíneo, sin embargo, el aumento del volumen minuto cardiaco continua siendo el factor clave de la respuesta fisiológica al ejercicio.

***Intercambio y transporte de gases:*** Las moléculas de gas ejercen fuerza contra las paredes de su recipiente y la fuerza ejercida por unidad de superficie es la presión del gas, que resulta proporcional a la concentración de moléculas de gas y a la energía que poseen lo cual, a su vez es proporcional a la temperatura del gas). El concepto de las presiones de los gases es fundamental en fisiología respiratoria porque el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono en los pulmones y los capilares de los tejidos tiene lugar como resultado de las diferencias de presión

***Ventilación pulmonar:*** *Aeróbica:* capacidad para realizar un esfuerzo prolongado, en el que participan numerosas masas musculares.

El funcionamiento de los aparatos circulatorio y respiratorio proveen oxígeno necesario de acuerdo a la necesidad requerida. *Anaeróbica:* es la capacidad de soportar esfuerzos intensos, de menos de cuatro minutos, con escaso o ningún

abastecimiento de oxígeno. Una vez terminado el esfuerzo la cantidad de oxígeno puesta en disposición del organismo se llama deuda de oxígeno.

El momento terminado el esfuerzo y hasta que los valores de oxígeno vuelven a sus niveles normales se denomina período de recuperación.

### **Fisiología del Adulto Mayor**





Entre los 20 y los 28 años de edad concluye el crecimiento físico de las personas, aunque existen autores que datan su conclusión en edades más tempranas. En estas edades se logra el culmen del máximo rendimiento físico, situado en los varones sobre los 25 y 28 años y en las mujeres sobre 22 y 26 años; ahora cesa el crecimiento en altura, aunque no así el del peso que aumentará debido principalmente a factores de nutrición, metabolismo, sedentarismo, problemas psicológicos... en estas etapas se produce el descenso de diferentes capacidades fisiológicas.

### **AGRADECIMIENTO ESPECIAL:**

El autor expresa un agradecimiento especial a los autores, investigadores y desarrolladores de la **ENCICLOPEDIA ENCARTA 2005**, ya que fue la base para la elaboración de la ayuda general de la herramienta, concerniente a los temas tratados por la **FISIOLOGIA MEDICA**; además, su información fue de vital importancia en la elaboración de los anexos 2 y 3, contenidos al final de este libro.

También quiero expresar un agradecimiento a los administradores de los motores de búsqueda de **YAHOO** y **GOOGLE**, ya que me sirvieron para hallar algunas direcciones en las cuales había información sobre los temas tratados en la ayuda del aplicativo y en los anexos 2 y 3.

Algunas de las páginas de las cuales obtuve información, a sus desarrolladores muchas gracias, también, fueron:

-  [www.elrincondelvago.com](http://www.elrincondelvago.com)
-  [www.galter.nwv.edu/hw/physiology](http://www.galter.nwv.edu/hw/physiology)
-  [www.uams.edu/./physiology/phystitle.htm](http://www.uams.edu/./physiology/phystitle.htm)
-  <http://ulibre.edu.co/index/fisiologia.htm>