

24/17



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**SISTEMAS DE REPRESENTACION DE ESTRUCTURAS  
ANATOMICAS EN TERCERA DIMENSION**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO EN COMPUTACION**

**P R E S E N T A :**

**NORMA LUCY HIGUERA HERNANDEZ**



**MEXICO, D. F.**

**1987**



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

<b>CAPITULO 1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	
1.1	DESCRIPCION DEL PROBLEMA . . . . .	1-2
1.1.1	Análisis A Realizar . . . . .	1-6
1.2	OBJETIVOS DEL SISTEMA . . . . .	1-7
1.2.1	Desarrollo Del Trabajo En Estudio . . . . .	1-8
1.3	BIBLIOGRAFIA . . . . .	1-9
<b>CAPITULO 2</b>	<b>ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO</b>	
2.1	MELANINA LEPTOMENINGEAL . . . . .	2-1
2.2	MELANINA NEURONAL . . . . .	2-2
2.2.1	Distribución . . . . .	2-2
2.2.1.1	En el Hombre . . . . .	2-2
2.2.1.2	En los Animales . . . . .	2-2
2.2.1.3	Cambios Durante el Desarrollo . . . . .	2-3
2.2.2	Naturaleza . . . . .	2-4
2.2.2.1	Introducción . . . . .	2-4
2.2.2.2	Histoquímica . . . . .	2-5
2.2.2.3	Ultraestructura . . . . .	2-6
2.2.2.4	Contenido De Metales Pesados . . . . .	2-8
2.2.2.5	Síntesis . . . . .	2-8
2.2.3	Patología . . . . .	2-12
2.2.3.1	Mal De Parkinson . . . . .	2-12
2.2.4	Relación Con Las Catecolaminas Cerebrales . . . . .	2-14
2.2.5	Posibles Funciones . . . . .	2-14
2.3	BIBLIOGRAFIA . . . . .	2-16
<b>CAPITULO 3</b>	<b>SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION</b>	
3.1	SOFTWARE PARA GRAFICACION. . . . .	3-2
3.2	LENGUAJE . . . . .	3-2
3.3	FUNCIONES GRAFICAS . . . . .	3-3
3.4	ORGANIZACION Y TERMINCLOGIA DE UN SISTEMA DE GRAFICACION . . . . .	3-4

## INDICE

3.5	TRANSFORMACIONES . . . . .	3-6
3.6	ARCHIVO DE DESPLIEGUE. . . . .	3-7
3.6.1	Algoritmos . . . . .	3-7
3.6.2	Graficadores . . . . .	3-9
3.6.3	Posibles Errores . . . . .	3-10
3.7	CONCLUSIONES . . . . .	3-13
3.8	BIBLIOGRAFIA . . . . .	3-15

### CAPITULO 4 ANALISIS DEL SISTEMA

4.1	INTRODUCCION . . . . .	4-2
4.2	DISEÑO DEL SISTEMA EN COMPUTADORA . . . . .	4-3
4.2.1	Módulo De Captura . . . . .	4-5
4.2.1.1	Método De Registro . . . . .	4-5
4.2.1.2	Proceso . . . . .	4-6
4.2.1.3	Programación . . . . .	4-6
4.2.1.4	Diagrama De Flujo De La Captura De Coordenadas . . . . .	4-8
4.2.2	Módulo De Graficación . . . . .	4-9
4.2.2.1	Graficas De Cortes Histológicos . . . . .	4-9
4.2.2.2	Graficas De Estructuras Anatómicas . . . . .	4-9
4.2.2.3	Despliegue . . . . .	4-9
4.2.2.4	Programación . . . . .	4-10
4.2.2.5	Procedimiento Analítico . . . . .	4-10
	Interpolación de Lagrange . . . . .	4-10
	Transformación de Coordenadas . . . . .	4-12
	Ocultamiento de Líneas . . . . .	4-19
4.2.2.6	Diagrama De Flujo Del Módulo De Graficación . . . . .	4-21
4.2.3	Análisis Estadístico . . . . .	4-25
4.2.3.1	Programación . . . . .	4-25
4.2.3.2	Procedimiento Analítico . . . . .	4-25
	Cálculo de Área . . . . .	4-26
	Cálculo de Volumen . . . . .	4-27
	Estadística Básica . . . . .	4-28
4.2.3.3	Diagrama De Flujo Del Módulo De Estadística . . . . .	4-31
4.3	IMPLEMENTACION EN UNA MICROCOMPUTADORA . . . . .	4-32
4.3.1	Caso Particular: Microcomputadora Printform . . . . .	4-32
4.3.2	Principales Características Del Microprocesador EG88 . . . . .	4-32
4.3.3	Organización De La Memoria . . . . .	4-33
4.3.4	Juegos De Registros . . . . .	4-36
4.3.5	Modalidades De Direccionamiento . . . . .	4-36
4.3.6	Señales De Reloj . . . . .	4-36
4.3.7	Potencia . . . . .	4-36
4.3.8	Arquitectura Pipeline . . . . .	4-36

## INDICE

4.4	INTERFAZ SERIE RS-232 . . . . .	4-37
4.4.1	Introducción . . . . .	4-37
4.4.2	Configuración De La Interfaz . . . . .	4-37
4.4.3	Velocidades De Transmisión . . . . .	4-37
4.4.4	Señal Común De Tierra . . . . .	4-37
4.4.5	Comunicación Sincrona y no Sincrona. . . . .	4-37
4.4.6	Tipos De Servicio . . . . .	4-37
4.4.7	Tipo De Funciones . . . . .	4-38
4.4.8	Modos De Operación . . . . .	4-38
4.4.9	Características Mecánicas De La Interfaz . . . . .	4-38
4.4.9.1	Identificación De Pin . . . . .	4-39
4.5	DISCUSION . . . . .	4-41
4.6	BIBLIOGRAFIA . . . . .	4-43

### CAPITULO 5 RESULTADOS

5.1	GUIA DE USUARIOS . . . . .	5-1
5.1.1	SAER . . . . .	5-1
5.1.1.1	Módulo De Captura. . . . .	5-3
5.1.1.2	Módulo De Graficación. . . . .	5-5
	Corte Histológico. . . . .	5-9
	Estructura Anatómica . . . . .	5-10
	Cortes y Estructuras . . . . .	5-13
	Gráficas Almacenadas . . . . .	5-13
5.1.1.3	Módulo De Análisis Estadístico . . . . .	5-14
	Area . . . . .	5-15
	Volumen. . . . .	5-18
	Estadística. . . . .	5-20
5.2	EJEMPLOS . . . . .	5-22

### CAPITULO 6 CONCLUSIONES

6.1	EVALUACION DEL SISTEMA . . . . .	6-1
6.1.1	Papel De La Ingeniería En El Estudio Morfológico . . . . .	6-2
6.1.2	Sistema Desarrollado . . . . .	6-2
6.1.3	Análisis Morfológico y Fisiológico Desarrollado . . . . .	6-3
6.2	FUTURAS IMPLEMENTACIONES . . . . .	6-4
6.3	DIVERSAS APLICACIONES . . . . .	6-4
6.3.1	Estudio tomográfico de las respuestas del colículo superior a la estimulación luminosa del núcleo caudado . . . . .	6-4
6.3.2	Modificaciones normales en la forma, dimensiones y estructura del acueducto mesencefálico . . . . .	6-5

## INDICE

- 6.3.3 Alteraciones histológicas del pulmón por administración prenatal del diazepam en fetos de ratón. . 5-6
- 6.3.4 Cambios ultraestructurales de hepatocitos fetales causados por diazepam . . . . . 6-7

APENDICE A	PROGRAMAS PARA LA MICROCOMPUTADORA PRINTAFORM
APENDICE B	GLOSARIO MEDICO
APENDICE C	DIGITALIZADOR
APENDICE D	EQUIPO AUXILIAR

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

La inspección, o sea, el examen atento del cuerpo humano por medio de la vista, permite apreciar no solamente sus proporciones dimensionales y su morfología externa, sino también la calidad de la piel, las superficies, con sus prominencias y depresiones, accidentes que a veces pueden presentarse a la inversa de lo normal por efecto de alteraciones patológicas. Por tal razón, la inspección como método exploratorio reviste la mayor importancia para investigadores.

La piel es una cubierta extensible y elástica que reviste toda la superficie externa del cuerpo que lo protege, tiene un color que varía de un individuo a otro y que depende de la vascularización y de la concentración de pigmento así como del espesor de la epidermis. El pigmento se presenta en forma de gránulos finos de melanina en la capa celular más profunda de la epidermis y constituye una protección de la piel contra la exposición excesiva a la luz.

Desde hace mucho tiempo, los pigmentos melánicos han provocado la curiosidad de los investigadores, y mucho se ha escrito sobre la pigmentación del tejido exterior, tanto en vertebrados como invertebrados, desde variados y diversos aspectos. Se sabe que estos pigmentos de melanina se originan de la cresta neural embrionaria (Rawles, 1947), y son formados a partir de la dopa, o de la epinefrina (Altschule, 1976). Pero aún no se han podido aislar ni cristalizar estos gránulos de melanina para determinar la estructura exacta de esta proteína.

Así también, la inspección va más allá de la anatomía superficial y mediante el uso de instrumentos especiales nos revela partes situadas a gran profundidad en el interior del cuerpo, es por esto que algunos investigadores han observado la presencia de pigmento de melanina en el interior de las estructuras internas de algunos animales como anfibios, mamíferos y el ser humano. Este problema a pesar de que ha inquietado al hombre, todavía plantea problemas y misterios que aún no se pueden esclarecer y que actualmente son objeto de estudio de ciertas disciplinas como la morfología y fisiología.

## INTRODUCCION

Existe gran interés sobre el papel que tienen los pigmentos melánicos en estructuras anatómicas como la sustancia negra del mesencéfalo, las meninges, la corioidea del tracto uveal del ojo, los tegumentos externo e interno y otros sitios. Paulatinamente se ha dejado de pensar que la melanina es una sustancia inerte y cada vez se le asigna un papel más activo en procesos energéticos, y mayor participación en algunos procesos patológicos como la esquizofrenia, el mal de Parkinson, las fenilcetonurias, el vitiligo y la hemocromatosis<sup>1</sup>.

Es muy conocida la función protectora de la melanina en el tegumento de los animales, se sabe que la luz ultravioleta es absorbida por este pigmento que actúa como radical libre y protege las células oscureciendo la piel. Sin embargo debe decirse que ésta es una área en la que no se ha proporcionado el suficiente soporte gráfico y analítico a la biología experimental. Las dificultades de visualizar la localización de los pigmentos en estas estructuras anatómicas son grandes y lo mismo pasa en las técnicas prácticas del análisis estadístico de datos (áreas y volúmenes de pigmentos). En este estudio se presentan las ideas y técnicas utilizadas para el análisis de los pigmentos de melanina en estructuras anatómicas.

### 1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Las melaninas son pigmentos de alto peso molecular formadas por la oxidación enzimática de fenoles, se conjugan también con proteínas, son insolubles y no se extraen químicamente. Estas se producen en las células llamadas melanocitos y melanóforos: los primeros están presentes en mamíferos y aves, y los segundos en anfibios y reptiles. Estas células pigmentarias que contienen melanina las localizaron en el interior de algunos anfibios y reptiles.

Para asegurarse de que se trata de un pigmento melánico se hacen una serie de estudios histológicos, histoquímicos, ultraestructurales y observaciones experimentales, llegando a la conclusión de que efectivamente se trata de pigmentos de melanina, como se muestra en el cuadro de técnicas (Tabla 1.1).

---

<sup>1</sup> Glosario de Términos Médicos (Apéndice B).

INTRODUCCION

Tabla 1.1

Métodos y Reacciones Histoquímicas de los pigmentos de melanina y lipofuscina internas en Rana MONTEZUMAE

METODOS	REACCIONES
<p>De decoloración:</p> <p>KClO<sub>3</sub></p> <p>KMnO<sub>4</sub></p> <p>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (10%)</p> <p>ácido oxálico</p>	<p>Blanqueamiento de las melaninas con destrucción del tejido a las 48 horas.</p> <p>Blanqueamiento a las 24 horas, con destrucción del tejido.</p> <p>Blanqueamiento a las 72 horas.</p> <p>Se depigmentan melaninas y lipofuscinas, solo queda depósitos de carbón.</p>
<p>Por solubilidad:</p> <p>NaOH</p> <p>KOH</p>	<p>Se solubilizan las melaninas a las 24 horas.</p> <p>Se solubilizan las melaninas, y se maltrata mucho el tejido.</p>
<p>Por tinción:</p> <p>de azul de nilo</p> <p>azul de nilo y agua oxigenada</p> <p>rojo oleoso</p> <p>Fontana Masson</p> <p>Sudan III y VI</p> <p>Long-Ziehl-N.</p> <p>con acid fast</p>	<p>Gránulos de melanina con halo verde lipofuscinas azules.</p> <p>Melanina verde y lipofuscina azul.</p> <p>Lípidos y lipofuscinas rojas.</p> <p>Melaninas y gránulos argentafines negros.</p> <p>Lipofuscinas no muy oxidadas rojas</p> <p>Lipofuscinas rojo brillante.</p>
<p>Reacción de:</p> <p>dopa-oxidasa</p> <p>fierro-ferroso</p> <p>schomori</p>	<p>Células tipo melanofóricas que producen melanina negra.</p> <p>Melaninas verde obscuro y lipofuscinas cafés.</p> <p>Gránulos argentafines, melaninas y lipofuscinas, azul obscuro.</p>
<p>Por fluorescencias:</p> <p>para lipofuscinas</p> <p>con formol al 10%</p>	<p>Gránulos de lipofuscina amarillo-verdoso con longitud de onda de 550 milimicras.</p>

## INTRODUCCION

Después de hacer esta comprobación histológica e histoquímica, se realiza un estudio ultraestructural de estos pigmentos, para observar sus características citológicas y morfológicas comparadas con pigmento melánico de la piel y tegumentos en humanos y anfibios, concluyendo de que se trata efectivamente de pigmento de melanina (Fig. 1.1), comparado con el pigmento melánico del humano. Los sitios en que se localizan los pigmentos de melanina son: pulmón, bazo, encéfalo, meninges, hígado, músculos y vasos sanguíneos.



Figura 1.1

*Arriba:* Microfotografía de una célula pigmentaria de la piel humana, con gránulos de melanina (MB), melanosomas (M) y premelanosomas (PM), a 21,000 X

*Abajo:* Microfotografía de una célula con pigmentos de melanina muy electrodensos y con forma elíptica, como el de humano en un corte de hígado de rana, la melanina (M) en este caso no se ve en estado de formación como el del humano a 21,000 X

## INTRODUCCION

Para estos estudios se utilizan ranas adultas y de ambos sexos de la especie *R. Montezumae* (Baird, 1954), ya que son las que presentan mayor número de acúmulos de pigmentos en estructuras anatómicas como: pulmón, corazón, hígado y encéfalo. Al obtener resultados de que efectivamente se tratan de pigmentos de melanina, estas estructuras se someten a diferentes temperaturas e inyecciones de melatonina pura.

Entonces se procede a observar el comportamiento morfológico de los pigmentos en condiciones experimentales, comenzando con estudios de los factores físicos que intervienen en la síntesis de pigmento melánico y la degradación de éstos, como es la temperatura, que directamente afecta a los organismos vivos, modificando sus funciones de acuerdo al calor o frío en que se encuentren, ya sea aumentando o disminuyendo su metabolismo. Debido a que las ranas son organismos poiquiloterms, la influencia de la temperatura baja en ocasiones es muy drástica, y repercute en un coeficiente respiratorio alto (Fromm, 1955), y hace decrecer el consumo de oxígeno y no el de CO<sub>2</sub>. Por consiguiente el sistema nervioso funciona lentamente (Boyd, 1933).

Posteriormente estudian la acción de la melatonina sobre los pigmentos internos de melanina en la rana. Se sabe que la melatonina es una hormona que aclara la piel en donde se localizan los pigmentos de melanina, acumulándose alrededor del núcleo de los melanóforos de la rana, y que es una sustancia que se produce en un 80% en el cuerpo pilineal de los organismos. Tiene una serie de interesantes acciones en el sistema neuroendócrino, participa en la síntesis de otros productos, se descarga durante la noche y se anula su actividad en el día o con la luz. En las ranas disminuye la función, peso y volumen de las gónadas, influyendo en su estación reproductora.

Altera la termorregulación en poiquiloterms, la modifica a través de la respiración, que incide en los mecanismos de la temperatura. Inhibe la metamorfosis en algunos anfibios y reptiles, y tiene un papel en la contracción muscular, también inhibe movimientos en anfibios y altera la orientación.

Una vez sometidas a estas pruebas, se extraen las vísceras completas provistas de pigmentos y se fijan en formol al 10%, observándose por el microscopio estereoscópico. Incluyéndolas después en parafina, para cortarlas con un criotomo a diferentes niveles (6 micras) y tñirlas con rojo nuclear rápido (tinción de Kernechtrot) para cuantificar el pigmento observado de cada corte del órgano en estudio de cada rana del lote en muestra.

---

<sup>2</sup> Equipo Auxiliar (Apéndice D).

## INTRODUCCION

Así pues, esto da pauta para formular la hipótesis de trabajo sobre la que se basa este estudio.

Conocer la función de estos pigmentos melánicos, en las ranas *Montezumae* y bajo condiciones de experimentación, pueden ayudar a definir cuales son los factores que afectan su funcionamiento.

Esto ayudaría a conocer los requerimientos de estos pigmentos y el papel de éstos en algunos sitios del sistema nervioso del humano, explicando su disminución en la enfermedad de Parkinson y su aumento en algunos tipos de esquizofrenia-melanosis, o bien alteraciones como pérdida del pigmento en el vitiligo.

Para describir las características morfológicas y fisiológicas de los pigmentos de melanina, se usan lotes de ranas *Montezumae* (machos y hembras), siguiendo el método descrito anteriormente para cada una de ellas y así obtener el cálculo de la media total de área de pigmento por lote. Aplicando estadística básica como: media aritmética, prueba de  $J$  de Student, prueba  $X^2$  cuadrada, se analiza validez de la hipótesis planteada.

Este proceso lleva días la mayoría de las veces, al obtener la enorme cantidad de cálculos requeridos, ya que se obtiene el área de cada uno de los pigmentos por cada corte del órgano en estudio y esto para cada rana del lote en muestra, siendo estos en algunos casos no muy precisos debido a errores en la visualización correcta de los cortes de las vísceras, al realizar el cálculo con un ocular micrométrico de 20 cuadrículas por lado. Con un sistema automatizado se pretende brindar al investigador ahorro de tiempo, y ganancia en precisión, así como algunos beneficios que se enunciarán mas adelante.

Generada por estos problemas surge la necesidad de optimar la forma de análisis que se hace sobre estas estructuras anatómicas a través de un proceso que además de dar mayor precisión, sea mucho más rápido. Es entonces cuando se requiere automatizar estos procesos mediante el diseño de un sistema de representación en tercera dimensión y análisis estadístico por computadora de estructuras anatómicas con sus zonas internas de interés.

### 1.1.1 Análisis a realizar.

La distribución y localización de los acúmulos melánicos se desean visualizar en forma tridimensional y cuantificarlos por área y volumen ocupado en la estructura en estudio, a través de la digitalización de las coordenadas de los cortes histológicos de ésta.

## INTRODUCCION

Cuando un órgano es seccionado, el contorno de estas estructuras de interés aparecen como curvas cerradas. Cada contorno puede ser especificado por una secuencia finita de puntos seleccionados y aproximado por segmentos de líneas entre ellos. Por lo que este contorno puede ser obtenido a través de la digitalización de sus coordenadas (X,Y,Z). Una vez que se digitalizan una serie de contornos; se representa en tercera dimensión el órgano a través de un método de transformación de planos de coordenadas.

Así también, a partir de estas coordenadas se obtienen cálculos de área y volumen de cada pigmento por corte histológico y por órgano respectivamente. Con estos cálculos se obtendrán medias, desviaciones estándar, variancia, prueba T de Student y prueba  $\chi^2$  cuadrada.

De tal manera, el investigador podrá visualizar la localización y cuantificar en forma más precisa los acúmulos melánicos del órgano en estudio, para saber si los datos son estadísticamente significativos y validar la hipótesis planteada.

Es así como se pretende aportar al investigador una herramienta extra de análisis, para que combinada con sus técnicas experimentales tenga mayores elementos de apoyo en el análisis de sus resultados y en la obtención de sus conclusiones.

### 1.2 OBJETIVOS DEL SISTEMA

El objetivo de este sistema es dar una herramienta más a la rama de la Morfología para el análisis de los complicados procesos que se realizan en ciertas estructuras anatómicas. Dando un apoyo al investigador, para el análisis morfológico en diferentes zonas del sistema nervioso.

Además se pretende que este sistema sea transparente al usuario, permitiéndole a éste un despliegue gráfico a todos los niveles, adquisición de información y métodos estadísticos de análisis para facilitar el proceso de estudio de zonas del sistema nervioso y poder llegar a la formulación de modelos de comportamiento en éstas.

## INTRODUCCION

### 1.2.1 Desarrollo del trabajo en estudio.

El sistema se desarrolló basado en tres módulos principales: *Captura, Graficación y Análisis Estadístico*. Los siguientes capítulos de este trabajo pretenden dar una mejor descripción del sistema de representación de estructuras anatómicas en tercera dimensión (3D).

El *Capítulo 2* da una introducción teórica desde el punto de vista morfológico y fisiológico sobre el tipo de pigmentos melánicos que se analizarán para la elaboración de este estudio, en el Sistema Nervioso Central, tanto en el hombre como en animales.

El *Capítulo 3* trata de la teoría del diseño para un sistema de graficación.

El *Capítulo 4* describe la implementación del sistema y sus características, así como la descripción del equipo de cómputo empleado para este sistema.

El *Capítulo 5* presenta una guía de usuario, así como los resultados obtenidos del sistema realizado, para el análisis de pigmentos de melanina en estructuras anatómicas.

El *Capítulo 6* muestra las conclusiones a las que se llegó en la aplicación de este sistema a un problema real.

## INTRODUCCION

### Bibliografía

- 1.- Cuspinera, M.E., De Lara, G.S. y Zavala, B.  
Factores que intervienen en el comportamiento de las melaninas internás en Rana Montezumae  
Archivos Mexicanos de Anatomía  
Volumen 22 (1985).
- 2.- Cuspinera, M.E., De Lara, G.S., Zavala, B. y Esquivel, P.  
Características morfológicas de los pigmentos de melanina en las vísceras de las ranas Montezumae  
Archivos Mexicanos de Anatomía  
Volumen 18 (1981).
- 3.- Cuspinera, M.E., De Lara, G.S., Montenegro, Patricia y Rodríguez, B.  
Efecto de la inyección de la melatonina en los pigmentos de melanina en el hígado de Rana Montezumae  
Archivos Mexicanos de Anatomía  
Volumen 21 (1984).
- 4.- Cuspinera, M.E., De Lara, G.S. y Rodríguez, B.  
Disminución del pigmento melánico en la superficie de algunas vísceras de la Rana Montezumae a 5°C  
Archivos Mexicanos de Anatomía  
Volumen 19 (1982).
- 5.- Mc C. Goodall  
Melanin formation from adrenaline, noradrenalina, dopamine and L-Dopa. In: Pigments Cell Biology  
Volumen 3 (1976).
- 6.- Cuspinera, M.E., De Lara, G.S., Rodríguez, B. y Molina, E.  
Características Ultraestructurales de la melanina en pulmón, bazo y pericardio de la Rana Montezumae.  
Archivos Mexicanos de Anatomía  
Volumen 18 (1981).
- 7.- Brumbaugh, J. y Zieg, R.  
Ultrastructural effects of the dopa reaction upon overlapping retinal and epidermal melanocytes in the fowl. In: Pigmentation its genesis and biologic control.  
Ed. Vernon Riley. Appleton Century Crafts (1972).

## INTRODUCCION

- 8.- Cuspinera, M.E., De Lara, G.S. y Rodríguez, B.  
Observación de las reacciones histoquímicas y distribución  
de los pigmentos de la melanina y lipofuscina en algunas vísceras  
de las Ranas Montezumae.  
Volumenes VI y VII (1982).
- 9.- Gabor T. Herman and Jayaram K. Udupa  
Display of 3-D digital Images; Computational Foundations and  
Medical Applications  
Hospital of the University of Pennsylvania  
IEEE Computer, Agosto (1983).
- 10.- Larry T. Cook, Samuel J. Dwyer III, Solomon Batnitzky, and Kyo  
Rak Lee  
A three-Dimensional Display System for Diagnostic Imaging  
Applications  
University of Kansas  
IEEE Computer, Agosto (1983).
- 11.- Ochoterena, Isaac  
Manual de Técnicas Histológicas General.  
Mexico, Tallis (1921).
- 12.- Gurr, Edward  
Methods of Analytical Histology and Histochemistry  
Leonard Hill Limited, London (1958).

## CAPITULO 2

### ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

En biología, los pigmentos son definidos como sustancias existentes en materia viva, las cuales absorben luz visible. De este modo, varios pigmentos pueden diferir en origen, en constitución química, y en significado biológico, y la sola razón por la que se encuentran agrupados es que todos ellos absorben energía electromagnética con una banda estrecha, la cual está situada aproximadamente entre los 4000 y 8000 Å.

El pigmento de melanina está presente en el Sistema Nervioso Central en las leptomeninges y en las células de ciertos núcleos del cerebro. La melanina neuronal fue observada desde 1786, cuando Vicq d'Azyt describe el núcleo pigmentado del cerebro medio ahora llamado "*Substancia Negra*". No obstante, pasados 200 años desde su primera descripción, aún no se sabe que es la melanina neuronal, como es sintetizada, o lo que hace. Se sabe un poco más acerca de la melanina leptomeningeal, pero su significado funcional es obscuro.

#### 2.1 MELANINA LEPTOMENINGEAL

La melanina está presente en los melanocitos de las leptomeninges, particularmente en la base del cerebro y en las fisuras de la médula espinal. La melanina leptomeningeal es de este modo idéntica a la melanina cutánea y ocular. Esta se decolora por fuertes agentes oxidantes, se oscurece rápidamente en soluciones alcalinas y ácidas de plata, y reduce la ferricianido férrico, como lo hace los gránulos de la melanina en los melanocitos oculares y cutáneos (Lillie, 1957).

Los melanocitos leptomeningeales han sido mostrados para convertir tirosina y dopa en la melanina (Marsden, 1967), la estructura de los gránulos del pigmento en las meninges es muy similar a aquella de la melanina coroidal. La pigmentación en las

## ANÁLISIS TEÓRICO MORFOLÓGICO

leptomeninges es proporcional a la de la piel y la que es faltante en los albinos.

### 2.2 MELANINA NEURONAL

#### 2.2.1 Distribución.

##### 2.2.1.1 En el Hombre.

Los gránulos de melaninas son concentrados principalmente en las células de la sustancia negra del mesencefalo y del locus coeruleus en el puente. También son encontrados en menor concentración en otros núcleos del cerebro, y en las raíces del ganglio dorsal y simpático. Las células del área postrema y ciertas células en el pinal contienen gránulos negros, pero no es verdad que esas células pigmentadas son neuronas. Ninguna melanina ha sido descrita en la médula espinal o en la parte frontal del cerebro.

Las grandes cantidades de melanina son encontradas en la sustancia negra, donde la mayoría de las células pigmentadas están en pares compactos. Una menor cantidad de pigmento está presente en la cercanía de todas las células del locus coeruleus, pero sólo una pequeña fracción de las células en el núcleo motor dorsal del vago son pigmentadas.

Las neuronas que contienen melanina son células de tamaño medio fusiformes del tipo motor, midiendo aproximadamente  $20 \times 40 \mu$ . Los gránulos de melanina individuales son concentrados en una zona de neuronas fuertemente pigmentadas, donde pueden ser de  $1 - 3 \mu$  en diámetro.

Usualmente se dispersan en el citoplasma de la célula y se extienden en la protuberancia y porciones iniciales del axón y en menor proporción en las dendritas. Los gránulos de melanina no han sido descritos en procesos neuronales remotos en los cuerpos celulares, ni en los extremos del simpático y no son aparentes en los tejidos gliales en cerebros normales.

##### 2.2.1.2 En los animales

No existen reportes de la distribución nuclear de la melanina neuronal en los cerebros de mamíferos; de hecho, por mucho tiempo se creyó que la melanina era sólo encontrada en el cerebro humano. Sin embargo, diferentes investigadores han notado pigmentación en especies individuales como en el orangután, chimpancé, chango, gorila, perro, gato, caballo y algunos anfibios.

En un reciente estudio de 49 especies mamíferas pertenecientes a 12 órdenes, secciones de sustancia negra tanto teñidas como no teñidas

## ANÁLISIS TÉCNICO MORFOLÓGICO

por la técnica amoniaca de plata de Masson-Fontana, fueron examinados para la presencia del pigmento. La edad de la mayoría de los animales era desconocida.

La melanina no fué encontrada en la sustancia negra de mamíferos filogenéticamente avanzados tales como los Monotrematas, Marsupiales e Insectívoros, pero se presentó consistentemente en pequeñas cantidades en Carnívoros y abundó en primates. Dentro de los primates hay un incremento progresivo en la intensidad de pigmentación y la máxima intensidad es vista en el hombre.

La melanina neuronal es de esta forma, un desarrollo filogenético reciente, y parece que la intensidad de pigmentación esta relacionada con el grado de evolución del cerebro. Desafortunadamente, los cerebros de animales comunes de laboratorio tales como la rata, y el conejo no presentan contenidos de melanina. Por consiguiente, los estudios experimentales sobre el origen de la melanina neuronal son confinados a observaciones en animales tales como el gato, el perro, anfibios o mejor aún en el mono.

Células pigmentadas han sido observadas en muchas regiones del cerebro de anfibios, y existe un aparente incremento de melanina en células nerviosas de algunos anfibios en metamorfosis. El tejido talámico en anfibios muestra una tendencia a la formación abundante de melanina en los tejidos de cultivo.

### 2.2.1.3 Cambios durante el desarrollo

Los gránulos de melanina aparecieron primeramente en el citoplasma adyacente en el núcleo en relación al espacio vacío de los gránulos de Nissl, los cuales están arreglados periféricamente. En este sitio existe usualmente una contracción y una expansión de la membrana nuclear. No hay correlación entre la presencia de cuerpos Marinesco y la presencia de la difusión de melanina, ni tampoco existe una sugestión de que el sitio inicial de la difusión de la melanina está relacionado con el aparato de Golgi.

Los primeros gránulos de melanina son muy pequeños, pero gradualmente se incrementan en diámetro y número hasta que ellos son distribuidos a través del citoplasma. La intensidad de pigmentación parece alcanzar un máximo en hombres de entre los 10 y 18 años y parece permanecer constante en la vida adulta.

---

<sup>1</sup> Glosario de Términos Médicos (Apéndice B).

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

Scharrer (1935) sugirió una disminución de pigmentación en edades avanzadas pero Adler (1939) encontró cantidades iguales en cerebros, variando entre los 18 a 68 años y Moses (1966) notó que el contenido de pigmento y carácter en la sustancia negra y locus coeruleus de cerebros entre los 20 y 30 años, era comparable con aquel en cerebros de pacientes de 58 a 70 y 82 años.

Una sucesión de edades similares ocurre en los animales. Scherer y Adler notaron que el grado de pigmentación en células negras de primates subhumanos está relacionado con la edad, como Brown (1943) lo notó en el perro y Marsden (1965) en el gato.

### 2.2.2 Naturaleza

#### 2.2.2.1. Introducción

La melanina no representa un componente simple sino que abarca una variedad de pigmentos que resultan desde la oxidación de componentes fenólicos ya sea in vivo o in vitro. La melanina en los mamíferos es limitada a proteína, aparentemente por sulfidrilo o por grupos aminos. Se conoce muy poco sobre la naturaleza química de la melanoproteína natural puesto que es extremadamente insoluble en todos los solventes.

La melanina en el melanocito de los mamíferos es un conjugado proteínico formado por el acoplamiento de polímero quinona, indole-5,6-quinona con proteína. El polímero quinona es derivado del amino ácido de tirosina por una reacción química catalizada por la oxidación aeróbica del cobre contenido. El pigmento resultante es conocido como melanina-tirosina.

La naturaleza de los gránulos de pigmento negro en neuronas es incierto. A pesar del hecho de que son referidas convencionalmente como melanina, su identidad química con gránulos de melanina en la piel, ojos y meninges no ha sido nunca establecida.

Las melaninas pueden ser formadas in vitro por la oxidación de una variedad de diferentes sustratos a la tirosina, incluyendo las catecolaminas dopaminas y norepinefrina, las cuales se presentan en el tejido cerebral. Las sugerencias sobre la verdadera naturaleza de la melanina neuronal fueron derivadas de estudios histoquímicos, espectroscópicos y de microscopía electrónica.

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

### 2.2.2.2 Histoquímica

La histoquímica de melaninas ha sido estudiada por Lillie y sus colaboradores. Ningún método histoquímico identifica exclusivamente un pigmento como una melanina, pero una combinación de técnicas pueden diferenciar melanina de otros pigmentos.

En el cerebro la melanina neuronal debe ser separada de lipofuscina y hematina. Después es distinguida por su contenido de hierro. La lipofuscina es caracterizada por su afinidad para tintes lípidos, entintamiento ácido rápido con carbo-fuscina, y entintamiento con un ácido periódico reactivo Schiff.

La lipofuscina también se entinta azul con la técnica de azul de nilo estándar y exhibe un amarillo fluorescente en ultravioleta claro, pero no puede ser blanqueado con peróxido de hidrógeno y no se oscurece con nitrato de plata ácido o neutro. Ceroid se acumula en las células nerviosas deficientes en vitamina E, es cercanamente similar a la lipofuscina y tiene propiedades histoquímicas similares.

La melanina neuronal difiere histoquímicamente de la lipofuscina en que no colora con los tintes lípidos, ni tampoco da un entintamiento rápido ácido. El color verde con el azul de nilo, se blanquea con peróxido de hidrógeno y no presenta un fluorescente en el ultravioleta claro. De este modo, la melanina neuronal difiere de la lipofuscina en que ésta no exhibe componentes lípidos detectables histoquímicamente.

La melanina neuronal es similar a otras melanoproteínas de mamíferos en que muestra vasofilia con los colorantes básicos. Sin embargo, Lillie ha reportado un número de diferencias en reactividad histoquímica entre melanina neuronal y la melanina en piel, ojos y meninges.

La melanina neuronal rápidamente reduce el amoníaco de plata pero, en contraste a la melanina de la piel y la ocular toma alrededor de tres días para oscurecerse totalmente en nitrato de plata neutro y permanece café-amarillo en nitrato de ácido de plata lustrado de un pH 6.1 a 2.8.

Tratamiento de hidrosulfito prior no induce rápida reductibilidad para ácido de plata. Lillie atribuyó las propiedades argentafines de melanina cutánea y ocular a la presencia de agrupamiento de quinidrona, pero este tipo de estructura no parece estar presente en melanina neuronal.

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

Lillie demostró que la melanina neuronal se mantenía amarilla en tirosina abajo de un pH 4, mientras otras melaninas reaccionan a un color verde dado a un pH 1.0. De estos resultados, Lillie concluyó que la melanina de la piel exhibe agrupamientos sulfúricos activos o sulfónicos, los cuales no están presentes en melanina neuronal.

### 2.2.2.3 Ultraestructura

La estructura de la melanina neuronal humana en la sustancia negra y en el locus coeruleus ha sido reportada por D'Agostino y Luse (1964), Duffy y Tennyson (1965). Autores posteriores analizan la melanina neuronal en el chango.

Los gránulos de pigmento neuronal son fácilmente identificados por su alta densidad de electrones y son compuestos por tres componentes estructurales: un glóbulo lipídico, una matriz finamente granular de densidad media y un material granular burdamente denso en electrones (Fig. 2.1).

ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

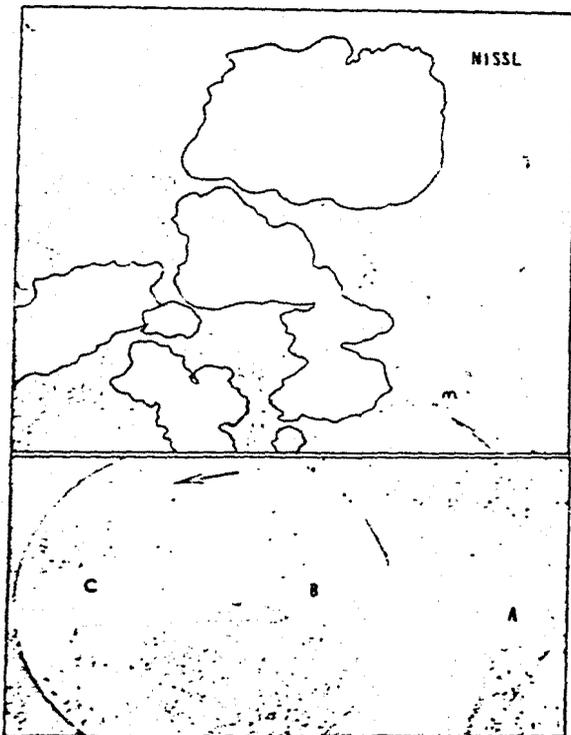


Figura 2.1

Citoplasma de una neurona pigmentada en sustancia negra en humano  
Baja Amplificación (X 15,000). Sustancia de Nissl esta bien  
conservada y grandes masa de pigmentos son evidentes. Una partícula  
está presente en la parte inferior derecha (flecha) en la cual la  
deposición de melanina se extiende y estriaciones internas son vistas.  
Gran Amplificación (X 130,000) de un gránulo de pigmento. A, B  
y C son probablemente glóbulos lípidos. En las flechas las estriaciones  
parecen ser una masa de material denso de electrones.

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

Sin embargo, el componente granular burdamente grueso, el cual es responsable por la capacidad caracteristica de gránulo de melanina para la reducción de la diamina de plata, no está presente en la lipofuscina. El material denso es comúnmente arreglado linealmente en una manera similar a las melaninas cutáneas y algunas oculares, y D'Agostino y Luse marcaron la similaridad entre partículas melánicas y cutáneas. Sin embargo, partículas lípidas segregadas como las vistas en la melanina neuronal no son un rasgo consistente de los gránulos de melanina extraneuronal.

### 2.2.2.4. Contenido de Metales Pesados

Los gránulos de melaninas son ricos en metales pesados, incluyendo zinc, cobre, hierro, magnesio, titanio, cobalto, níquel y molibdeno. Entre estos metales, el zinc, cobre, hierro y magnesio aparecen en campos impresionantes. La composición metálica de la melanina neuronal aislada tiene aún que ser determinada pero existen datos sobre el contenido de metales de las áreas cerebrales pigmentadas.

La sustancia negra y locus coeruleus contienen las más grandes cantidades de cobre en el cerebro humano, probablemente como un resultado de su pigmentación. El papel importante del cobre en la actividad enzimática de tirosina y dopamina  $\beta$ -hidroxilasa ha sido enfatizada. La oxidasa citocroma es otra enzima que contiene cobre pero las neuronas pigmentadas están caracterizadas por una baja actividad de la oxidasa citocroma. El cobre es un excelente catalizador para sistemas redox, el equilibrio cuproso-cáprico fácilmente toma parte en la transferencia de oxígeno.

El hierro es encontrado en su más grande cantidad en los glóbulos palidos y retículas pares sin pigmento de la sustancia negra. Las neuronas pigmentadas no son aparentemente caracterizadas por grandes concentraciones de hierro. El zinc es mostrado en tejidos cerebrales así como el molibdeno, el manganeso, titanio, cobalto y níquel, pero estudios detallados de su distribución en el cerebro, particularmente en relación a los nucleos pigmentados son faltantes.

### 2.2.2.5 Síntesis

Aunque existe una pequeña duda de que la tirosina es el precursor amino ácido desde el cual la melanina neuronal es sintetizada, los estados intermedios y las enzimas responsables por la formación de neuromelanina aún no han sido establecidos con certeza. Las células pigmentadas de la sustancia negra del mono y del gato convierten tirosina y su producto dopa hidroxilado en pigmento. Al respecto,

ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

neuronas pigmentadas se asemejan a melanocitos en cualquier lugar. Las reacciones quimicas ocurrientes en las transformaciones de tirosina a melanina en la piel y otros melanocitos son resumidas en la siguiente figura.

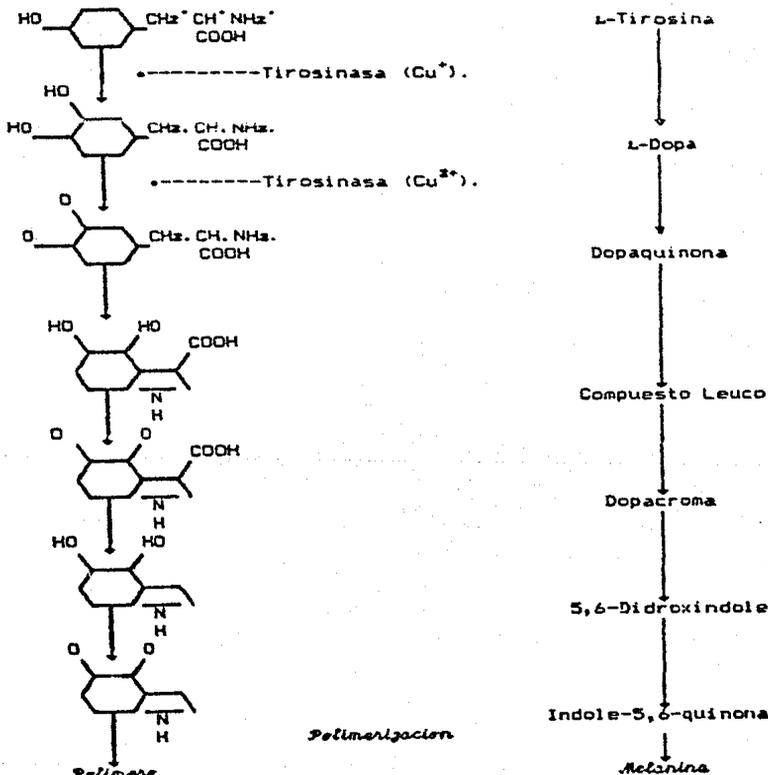


Figura 2.2 Estados intermedios en la síntesis de melanina cutánea

### ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

neuronas pigmentadas se asemejan a melanocitos en cualquier lugar. Las reacciones químicas ocurrientes en las transformaciones de tirosina a melanina en la piel y otros melanocitos son resumidas en la siguiente figura.

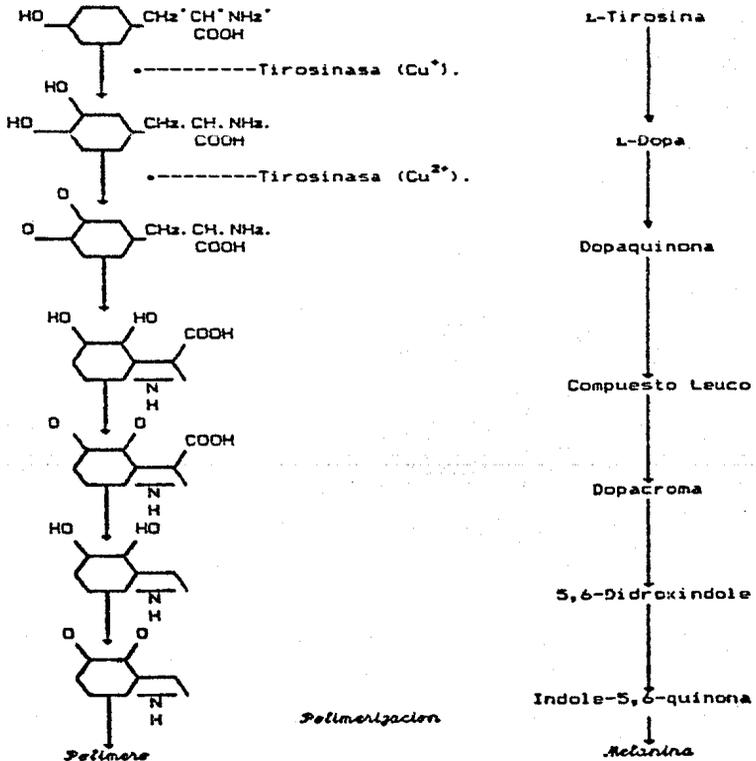


Figura 2.2

Estados intermedios en la síntesis de melanina cutánea

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

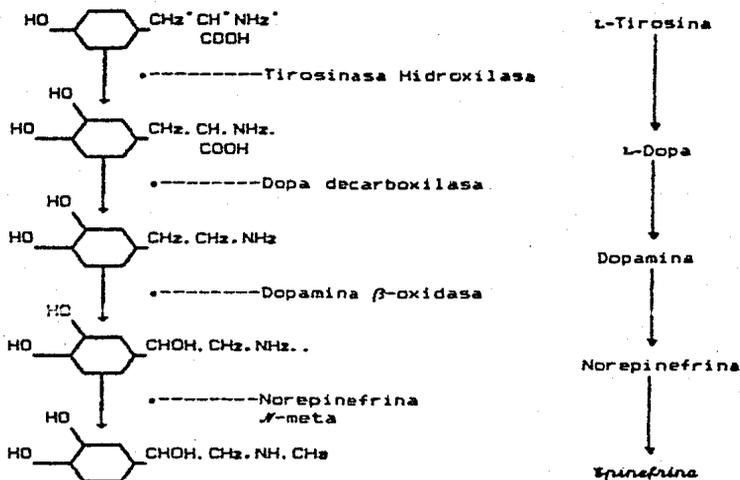
La enzima tirosinasa es responsable por la conversión inicial de tirosina en dopa y la subsecuente oxidación de dopa en dopaquinona. La porción de cobre de la tirosinasa esta intimamente relacionada con su actividad enzimática.

En vista de las muchas similitudes entre melanina cutánea y neuronal, podría pensarse que ambas son sintetizadas en forma similar, sin embargo, no hay evidencia definida de la actividad tirosinasa en el tejido del cerebro. Aún más, Lillie reportó reacciones de dopa negativas en varios cerebros infantiles. Nagatsu y sus colaboradores (1964) establecieron que la enzima responsable por la hidroxilación de tirosina en dopa en el cerebro, tirosina hidroxilasa, difiere de la tirosina en varios aspectos, incluyendo pH óptimo, Km, especificación de sustrato, requerimientos de cofactor y características inhibitoras.

Estos autores no han sido capaces de demostrar la actividad de la tirosinasa en el cerebro, pero en estos y otros estudios similares de animales de laboratorio tales como los ratones, los cuales no poseen neuronas pigmentadas son usados. Una búsqueda bioquímica para actividad de la tirosinasa en cerebros pigmentados tiene que ser aún reportada.

Una forma patrón alterna para la síntesis de la melanina neuronal desde la tirosina ha sido propuesta. La tirosina es también el sustrato aminoácido para la síntesis de la dopamina de las catecolaminas y norepinefrina (fig. 2.3).

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO



**Figura 2.3**  
**Estados intermedios en la síntesis de catecolaminas**

En algunas partes del cerebro se convierte L-tirosina en dopamina y norepinefrina, pero no en epinefrina, los cuales constituyen sólo una fracción pequeña del contenido total de catecolamina del cerebro y probablemente se encuentra en vasos sanguíneos simpáticos inervados. Grandes cantidades de dopamina y norepinefrina están presentes en ciertas áreas cerebrales y son sintetizados intraneuronalmente (tabla 2.1).

## ANÁLISIS TEÓRICO MORFOLÓGICO

Tabla 2.1

Distribución de neuromelanina, norepinefrina y dopamina en ciertas áreas del cerebro en el hombre

Sitio	Neuro-Melanina	Norepinefrina (µg/gm)	Dopamina (µg/gm)
Corteza Cerebral	-	0.00-0.03	0.00-0.06
Núcleo Caudado	-	0.04	3.12
Putamen	-	0.02	5.27
Globus Pallidus	-	0.05	0.32
Tálamo	-	0.02-0.04	0.01-0.07
Hipotálamo	-	1.23	0.14-0.22
Sustancia Negra	+	0.04	0.40
Trigono Vagal	+	0.31 (en perro)	—
Área postrema	+	1.04 (en perro)	—
Cerebelo	-	0.01-0.02	0.02-0.08

### 2.2.3 Patología

#### 2.2.3.1 Mal de Parkinson

Cuando las neuronas pigmentadas mueren, sus gránulos de melanina son liberados y pueden ser localizados en los tejidos o dentro de los fagocitos. Tales cambios ocurren independientemente de la causa y representan la consecuencia de la muerte celular ya sea debido a encefalitis viral, venenos, u otros agentes etiológicos. En contraste, el sistema de neuronas pigmentadas parecen ser específicamente dañadas en parkinsonismo.

La primera descripción completa de la patología del parkinsonismo idiopático (parálisis agitadas) fué dado por Foix y Nicolesco (1925). Estos autores reconocieron que amplios cambios ocurrían en muchas áreas del cerebro, afectando particularmente células nerviosas, pero ellos también notaron que el núcleo pigmentado del cerebro eran regularmente afectados.

Subsecuentemente, varios autores han confirmado que la sustancia negra pigmentada, el locus caeruleus, el núcleo dorsal del vago, y las neuronas que contienen melanina a través de la rama cerebral producen el choque de la enfermedad. En adición a la pérdida de células marcadas en esas áreas las neuronas restantes contiene cantidades reducidas de pigmento. No obstante, aunque tales cambios son vistos en

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

autopsias en muchos casos de enfermedades de Parkinson, de ninguna manera son invariables.

El descubrimiento ocasional de la pérdida celular significativa en la sustancia negra en autopsias sin antecedentes de aparición de parkinsonismo, y también la observación de que en pacientes con rasgos clínicos de parkinsonismo la sustancia negra pudiera permanecer indaÑada, han conducido a debates concernientes a la sustancia negra y a la enfermedad de Parkinson.

Generalmente es aceptado que frecuentemente existe un decremento en melanina en el núcleo pigmentado pero si estos resultados provienen de daño neuronal o bien de cambios precedentes en la melanina, no es conocido. Los descubrimientos de Duffy y Tennyson's (1965) sobre muchos granulos de melanina negros de pacientes parkinsonianos mostraron un decremento en el componente denso, éste sugiere que los cambios en melanina podrían preceder a la muerte celular, esto gracias a técnicas de microscopía electrónica.

Esta observación es de gran importancia para así adicionar credibilidad a la sugerencia popular actual de que un defecto metabólico en la síntesis de catecolamina podría estar atrás de ésta enfermedad.

En 1962, Hornykiewicz demostró una reducción de concentración de dopamina en el estrato del cuerpo estriado en la autopsia de pacientes con la enfermedad de Parkinson. Este cambio parece resultar de la destrucción de la sustancia negra con pérdida de dopamina conteniendo fibras nigrostriatales.

El contenido de dopamina de la sustancia negra es también reducido y puede ser correlacionada con la depigmentación observada en las células negras. La aparición de síndromes parkinsonianos durante el tratamiento con  $\alpha$ -metildopa, reserpina y fenotiacinas relaciona la habilidad de esas drogas para interferir con la síntesis o la acción de catecolaminas cerebrales. En la suposición de que elevación de los niveles de catecolamina cerebral puede improvisar su función, muchas personas han administrado L-dopa a pacientes con enfermedades de Parkinson con aparentes éxitos terapéuticos.

No es posible revisar aquí el amplio cuerpo de evidencias acumulados durante los últimos años como el papel de las catecolaminas en la enfermedad de Parkinson. Es suficiente con marcar que un defecto en la síntesis de catecolamina acompaña la pérdida de melanina neuronal en la enfermedad, reforzando la cercana relación entre los

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

dos.

### 2.2.4 Relación con las catecolaminas cerebrales

La cuestión es porqué la melanina en neuronas que contienen catecolaminas deben ser prácticamente confinadas a primates y a carnívoros. Una suposición es que la melanina aparece durante la evolución como un resultado de la disminución de los requerimientos de catecolamina en núcleos del cerebro.

Se discutió que la evolución cerebral incluía el cambio progresivo de dominio de centros prosencefálicos con la síntesis de catecolamina disminuida en núcleos del cerebro viejos. Sin embargo, la síntesis de catecolamina en primates y en hombres lejos de estar reducida, es intensamente activa. La gran importancia del patrón nigrostriatal dopaminérgico en el hombre es aparente en la relación con la enfermedad de Parkinson por ésta y otras razones la hipótesis original parece ser probablemente incorrecta totalmente. Otra posibilidad es que la aparición de melanina en células de catecolamina es la consecuencia de síntesis amina continuada y depende de la extensión de la vida de las especies estudiadas.

No hay por lo tanto ninguna evidencia al confirmar cualquier sugestión, pero no hay duda de que la interrelación de la melanina y catecolaminas garantice un estudio posterior, particularmente de su significancia en la etiología de la enfermedad de Parkinson.

### 2.2.5 Posibles Funciones

Es fácil pensar que la melanina neuronal es una curiosidad anatómica de pequeña significancia aún más su localización estricta y su apariencia evolucionaria posterior sugiere que ésta sirva para alguna función positiva. La melanina en la piel y en los ojos soporta la protección contra la radiación ultravioleta, pero tal papel es muy relevante en el sistema nervioso central.

Los gránulos de melaninas en neuronas adultas muy probablemente no son unidades metabólicas activas. En melanocitos de la piel, la melanoproteína es depositada alrededor de un núcleo central de proteína, el cual contiene enzimas, incluyendo tirosinasa y entre más delgada es la cutícula de melanina, menor es la actividad de tirosinasa dentro de los gránulos.

El incremento de tamaño y obscurecimiento de la melanina están acompañados por una reducción progresiva de una actividad enzimática

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

demostrable. Por consiguiente, el gránulo de melanina maduro no exhibirá propiedades enzimáticas.

Es posible que la deposición de melanina regule la actividad enzimática dentro de neuronas pigmentadas pero esto no es lo más probable a ser alcanzado por el control de la síntesis de proteínas. La deposición de melanina puede proveer un mecanismo de inactivación de algún producto metabólico posiblemente de origen de catecolaminas, el cual no puede ser removido de las neuronas por otros medios.

Alternativamente los constituyentes químicos de la melanina, en particular los metales pesados que contiene pueden influenciar en el metabolismo neuronal. Quizá el rasgo más significativo de la melanina neuronal es la presencia de radicales libres de semiquinonas, de los cuales podría esperarse que ejerzan profunda influencia en tales procesos químicos como las reacciones de oxidación-reducción.

Especulaciones sobre la función de la melanina neuronal tales como estas garantizan investigaciones posteriores, las cuales pueden aclarar la significancia del sistema de células pigmentadas en el cerebro.

## ANALISIS TEORICO MORFOLOGICO

### Bibliografía

1. Wolman, Moshe  
Pigments in Pathology  
Academic Press (1969).
2. Riley, Vernon  
Pigmentation. Its genesis an biologic control  
Appleton-Century Crofts  
New York (1972).
3. H. Voss, R. Herrlinger  
Anatomía Humana  
Tomo I y II  
Editorial "El Ateneo" Buenos Aires (1968).
4. Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas  
Salvat y Cia., Barcelona (1984).
5. Dictionary of Medical Syndromes  
Sergio L. Magalini  
Euclide Scarscina (1980).
6. Brucke, F.  
Biochemistry of the Central Nervous System  
4º Congreso Internacional Bioquímica.  
Viena, Volumen 5 (1958).
7. Mcilwain, Henry  
Biochemistry and the Central Nervous System  
Churchill, Londres (1959).
8. Davison, Alan Nelson  
Biochemical correlates of brain structure and function  
Academic Press, London (1957).

## CAPITULO 3

### SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

Uno de los desarrollos más importantes y espectaculares en las aplicaciones de la computación, es la representación de imágenes tridimensionales mostradas en la pantalla de la computadora.

En las ciencias biomédicas existen dos elementos importantes en la aplicación efectiva de la graficación por computadora. Una de ellas, es la dificultad para obtener la información necesaria de las estructuras anatómicas, para almacenarla en la computadora en forma apropiada. La otra, es la incapacidad de ejecutar el análisis cuantitativo sobre las estructuras en las investigaciones científicas.

Estos dos problemas han comenzado a distribuirse entre los grupos de investigadores, relacionados con el análisis cuantitativo y visual de las estructuras en estudio.

Los esfuerzos para analizar estructuras anatómicas, frecuentemente encuentran dificultades para asociar todos sus cortes histológicos. Estudios de la morfología del cerebro a partir de sus cortes examinados al microscopio, incluyen una serie de técnicas para tratar de representar estructuras tridimensionales a partir de ellos.

Por lo cual, la dificultad de visualizar estructuras a partir de sus secciones, hace que la representación gráfica de estas, sea una herramienta importante en muchos estudios biomédicos.

Mucha de la importancia de la representación tridimensional de estructuras morfológicas, con técnicas computacionales, se encuentra en que de ella se deriva información de carácter cuantitativo. Parámetros como área o volumen pueden ser extraídos de las estructuras, con lo cual analizar estadísticamente a éstas. Aceptando

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

o rechazando las hipótesis planteadas en las investigaciones.

Ahora bien, se procederá a tratar en forma general los parámetros que influyen para el diseño de un sistema de graficación.

### 3.1 SOFTWARE PARA GRAFICACION.

El software para representar un objeto debe incluir manejos matemáticos. Este puede ser visto de distintos ángulos o sólo ver ciertas partes de él, esto requiere que el software maneje relaciones geométricas entre el objeto y el observador. Algunos problemas como escalarlo respecto a una ventana, rotarlo para observar otra parte de él, o trasladarlo a alguna parte de la ventana, son problemas de transformación que necesitan ser aplicados al objeto a representar.

El sistema que va a manejar estas representaciones necesita ser de propósito general para soportar una variedad de aplicaciones. Típicamente, una aplicación gráfica mal planeada provocará que las modificaciones no se acopien al sistema. El diseño debe tratar de anticipar los requerimientos posteriores, para tener un conjunto de funciones.

Los sistemas de graficación deben ser de alto nivel. Deben proveer un medio simple y poderoso para describir las aplicaciones gráficas y esconder las rasgos de bajo nivel del hardware.

### 3.2 LENGUAJE.

El proceso para construir un sistema de graficación puede describirse así:

1. Elegir un lenguaje, o lenguajes, en los cuales basar el sistema.
2. Diseñar un conjunto de funciones para entradas y salidas gráficas.
3. Escribir los algoritmos para ejecutar las funciones gráficas.
4. Elaborar un manual de usuario.

El resultado de ejecutar los dos primeros pasos, es para diseñar lo que es llamado algunas veces *Lenguaje Gráfico* (lenguaje en línea para dibujar y manipular dibujos). El tipo de lenguaje gráfico que se necesita para un sistema gráfico de propósito general, es un lenguaje convencional de alto nivel con manejo de funciones gráficas.

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

Algunos sistemas se pueden construir como paquetes de graficación, con un conjunto de rutinas con aplicaciones específicas escritas en lenguajes de alto nivel.

Estos paquetes pueden ser contruidos con difentes lenguajes, ya que es casi imposible elegir un lenguaje que complazca a todos los programadores. Esto hace que la elección inicial del lenguaje sea menos crucial, no obstante, es sensato determinar al principio del diseño, el lenguaje con el que se va a desarrollar el sistema.

### 3.3 FUNCIONES GRAFICAS.

El diseño de las funciones gráficas juega un papel importante en determinar el éxito o el fracaso del sistema. Estas funciones, se pueden ver como el control del programador sobre el software y el hardware de la computadora.

Este control debe ser tan simple y poderoso como sea posible, puesto que muchos controles, dan oportunidad a operaciones erróneas, y el usuario debe estar advertido para varias fallas en el diseño del sistema.

Cuando sucede algún tipo de error, el programador queda indefenso, solamente le queda decir que el se guió en el diseño del sistema y agrega tranquilamente: "Todo esta en el manual".

El realizar un número pequeño de funciones gráficas es un camino ideal para reducir las combinaciones de errores, sin causar al programador un sentimiento de restricción en su sistema.

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

### 3.4 ORGANIZACION Y TERMINOLOGIA DE UN SISTEMA DE GRAFICACION.

Existen dos asuntos importantes en la discusión de un sistema de gráficas, los cuales son: la definición de la terminología y un pequeño diagrama organizacional, como el que se muestra en la siguiente figuras:

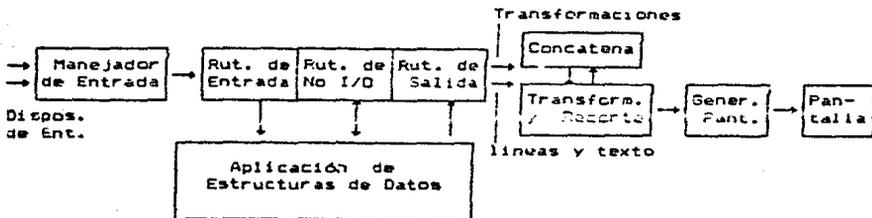


Figura 3.1

Diagrama simplificado del proceso de entrada y salida de una gráfica

Este diagrama está bastante simplificado; muestra sólo los procesos y datos que son esenciales para la operación del programa de una aplicación gráfica. A continuación se indicará porque es necesario generalmente afinar este diagrama con estructuras de datos y procesos adicionales.

También se verá que la generación de un sistema de funciones de entrada y salida, como el mostrado en la figura 3.1, es difícil de alcanzar. La separación de entrada y salida es, no obstante, un concepto muy importante, para esto se trata de simplificar los programas de aplicaciones gráficas y promover la independencia de los dispositivos.

Para evitar malos entendidos, y para la búsqueda de definición de terminología, es valioso describir brevemente cada uno de los elementos de la figura 3.1:

**Dispositivos de Entrada.**— Teclado, pantallas, plumas, etc. Son usados por el operador de la aplicación del programa para proveer datos y controlar el programa durante la ejecución.

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

**Manejador de Entrada.**- Procesa interrupciones desde los dispositivos de entrada y provee el significado de las estructuras de datos de los dispositivos para la aplicación de los programas.

**Aplicación de Estructuras de Datos.**- Contienen datos, basicamente gráficos, relativos a la aplicación del programa.

**Rutinas de entrada.**- Reciben datos desde el manejador de entrada, generan cambios adecuados a las aplicaciones de estructuras de datos y cede el control a otras rutinas.

**Rutinas de no-entrada/salida (I/O).**- Estas son porciones de los programas de aplicación que no envuelven directamente entradas y salidas.

**Rutinas de Salida.**- Define la figura que se va a desplegar en pantalla, esencialmente en términos de datos almacenados en la aplicación de estructuras de datos. Efectivamente, se define como estos datos pueden ser estructurados para propósitos de despliegue.

**Transformación y Recorte.**- Estas rutinas son capaces de escalar, rotar y trasladar información gráfica generada por las rutinas de entrada. El resultado es una figura de tamaño arbitrario.

Estas rutinas también recortan la información de la figura a una ventana definida para eliminar partes que no deben aparecer en la pantalla. Frecuentemente, una ventana arbitraria es usada para saber que tanto de la figura debe aparecer en la pantalla. Esta ventana será posicionada en algún lugar específico de la pantalla.

**Rutinas de Concatenación.**- Combina una serie de transformaciones. Por ejemplo, un símbolo es transformado a una posición particular y es orientado en algún lugar de la pantalla, después el símbolo es recortado y transformado a las coordenadas de la misma. Las dos transformaciones deben ser concatenadas antes de que el símbolo sea transformado.

**Generador de Despliegue.**- Generalmente incluye un vector generador y un carácter generador, el cual convierte la información transformada y recortada en señales convenientes para el sistema de deflexión de la pantalla.

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

**Pantalla.**— En sí misma, la pantalla de la microcomputadora.

Frecuentemente un compilador se ve involucrado en la preparación de programas de aplicación; algunas veces un intérprete controla la ejecución del programa. Todo este proceso no es mostrado en la figura 3.1.

### 3.5 Transformaciones

La figura 3.1 muestra claramente, la importancia de las rutinas de transformación. Los sistemas de graficación deben ser fáciles para el programador, para especificar las transformaciones que él desea. Debe estar libre de preocupaciones acerca de los dispositivos de salida dependientes, así como del sistema de coordenadas de la pantalla.

Se debe facilitar al programador la selección de diferentes vistas de la figura a diferentes escalas; y debe permitir incluir símbolos repetidos en las figuras, dibujar en varias escalas y ángulos de rotación.

Se deben permitir factores de escala y ángulos de rotación; si los programadores se encuentran restringidos en cuanto a estos factores (sólo algunas escalas o ángulos de rotación múltiplos de  $90^\circ$ ), él puede escribir su propio conjunto de funciones generales.

Por lo mismo, es necesario escribir un rango más grande de transformaciones que manejen vistas de objetos tridimensionales. Esto agrega un poco de complejidad al sistema, mientras que aumenta su utilidad.

Cualquier sistema que provee un conjunto de transformaciones (escalas, rotaciones, traslaciones y recortes en dos y no en tres dimensiones), es probable que no tenga éxito para una gran variedad de aplicaciones.

Desafortunadamente, algunas de las transformaciones proveen gran cantidad de algoritmos, los cuales pueden afectar el tiempo de respuesta de un sistema.

Antes, por algunas restricciones de hardware, los diseñadores de sistemas se restringían en el rango de transformaciones; varios sistemas sólo ofrecían traslaciones. Ahora, los avances en software y

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

hardware, han incrementado las demandas del usuario, dejando atrás los métodos anteriores e incrementado los mismos en forma mejorada.

### 3.6 Archivo de despliegue.

Una de las mayores responsabilidades del diseñador de sistemas, es producir un sistema que el programador pueda entender. El debe por lo tanto, comenzar por elegir una explicación simple de la entrada gráfica, los procesos de salida y debe entonces basar su diseño de sistemas en esta explicación.

A continuación se discute un número de nociones conceptuales simples del proceso de salida gráfica. Remarca algunos de los problemas asociados con cada parte del proceso, y muestra como cada una de estas se involucra en el uso de un tipo particular de estructura de datos de la pantalla.

#### 3.6.1 Algoritmos.

Una forma muy atractiva de simplificar el proceso de salida gráfico es adaptar el concepto de algoritmo de vista. Supongamos que las rutinas de salida pasan datos gráficos directamente a la pantalla vía transformación, recorte de rutinas y generación de despliegue.

Si estas rutinas son ejecutadas una vez, la fotografía que ellos definen aparecerá y desaparecerá sobre la pantalla. Si se arregla que las rutinas de salida ejecutadas con una alta frecuencia, la fotografía será refrescada y permanecerá visible.

Las rutinas de salida entonces, ejecutan la función de un algoritmo de vista, presentando sobre la pantalla una vista continua de lo que se contiene en la estructura de datos de la aplicación. Cuando la estructura de datos sea cambiada, el dibujo también cambia; si deseamos ver una representación diferente de los datos, podemos sustituir un algoritmo de vista diferente a través del cambio de rutinas de salida, este es un concepto extremadamente simple y que desafortunadamente es muy difícil de implementar.

El problema consta entonces, de asegurar que las rutinas de salida escritas por el programador se ejecuten lo suficientemente rápido para mantener el dibujo fuera de fluctuaciones. A menos que las rutinas sean extremadamente simples y que la estructura de datos sea pequeña, esta fluctuación esta sujeta a ocurrir.

No obstante, la noción de una figura que cambia automáticamente

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

con la estructura de datos es muy atractiva y los diseñadores de sistemas han tratado desde el comienzo por alcanzar este efecto.

Sólo algunos de ellos han alcanzado éxitos gracias al diseño de estructuras de datos de aplicación con estructuras de anillos, particularmente acoplados a representar dibujos, restringiendo el algoritmo de vista a uno que ejecute transformaciones lineales sobre los datos almacenados. Muchos sistemas especiales de diseños de ayuda con propósitos computacionales han usado el mismo método.

Un método más flexible que ha encontrado la aceptación más amplia, es el de construir una estructura separada para modelar el dibujo, y entonces sujetar esta estructura al proceso de salida, de tal forma que cambios en la estructura sean inmediatamente visibles en la pantalla.

La figura 3.2 muestra como la inclusión de esta definición del dibujo estructurado cambia la organización del sistema de salida. Ahora necesitamos funciones para construir la estructura y un proceso para marcar a través del cual generar el dibujo.

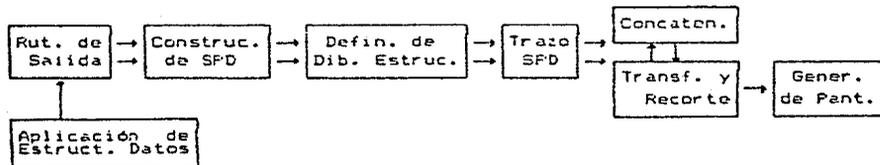


Figura 3.2  
Uso de la definición de un dibujo estructurado

Es comúnmente discutido que una definición de estructura del dibujo es una adición deseable a cualquier sistema de gráficas. El argumento está basado parcialmente en la conveniencia de estar dispuesto a cambiar la figura fácilmente y a interactuar eficientemente con él, por medio de un ratón.

El uso de una estructura es también justificado en base a que las figuras tienen una forma jerárquica natural que debe ser modelada explícitamente. Sin embargo, es difícil encontrar ejemplos de aplicaciones en los cuales esta estructura natural se extienda a distintos niveles.

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

complejidad con un conjunto de procedimientos estructurados de salida, más que con una estructura de datos de despliegue. De este modo, no es obligatorio incluir una definición del dibujo estructurado. Esto es afortunado, porque la adición de la definición del dibujo estructurado, hace que la vista del proceso gráfico de salida, sea considerablemente más complicado.

### 3.6.2 Graficadores.

Una manera adicional de simplificar el proceso gráfico de salida es usar la analogía del graficador. Se informa al programador que esta manipulando una especie de pluma que deja atrás una marca visible, mientras se mueve alrededor de la pantalla de despliegue; también le provee con algunas funciones simples o de teclado que lo habilitan a construir dibujos y a borrar la pantalla cuando desee que se comience una nueva pantalla.

El efecto es el de una pantalla con un almacenamiento inherente, que no puede ser borrado selectivamente, es mostrado como un almacenamiento del dibujo, como se observa en la figura 3.3.

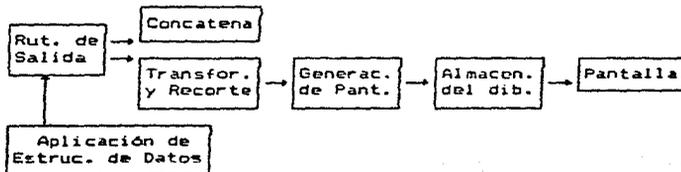


Figura 3.3  
Uso del almacenamiento del dibujo antes  
del proceso de generación de display

La analogía del graficador se debilita, si los despliegues refrescados son usados, para esto, entonces es deseable proveer algunos medios para borrar selectivamente partes del dibujo. Esto podemos hacerlo incluyendo en lugar del almacenamiento del dibujo, un archivo de despliegue transformado, que contenga los resultados del proceso de transformación.

El archivo de despliegue podría ser dividido en cualquier número de segmentos distintos, que podrían ser separadamente creados y borrados; como se muestra en la figura 3.4 junto con el proceso de

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

de segmentos distintos, que podrían ser separadamente creados y borrados; como se muestra en la figura 3.4 junto con el proceso de construcción del archivo de despliegue y cruce con éste.

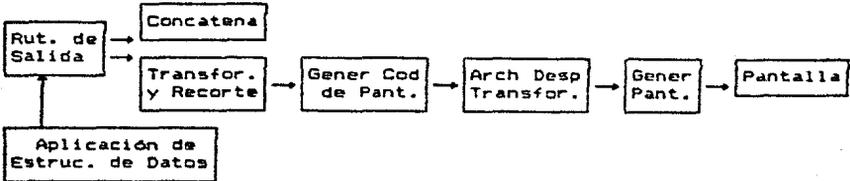


Figura 3.4  
Uso de un archivo de despliegue transformado

Las funciones deben ser ahora provistas para indicar el comienzo y el final de una definición del segmento del archivo desplegado, para poder borrar segmentos del mismo.

Una vez más, el concepto originalmente simple ha sido reemplazado por uno más complicado que involucra una estructura de datos del despliegue. Cualquiera que sea el concepto que se adopte se debe eventualmente explicar al programador la existencia de una definición de dibujo estructurado o de un archivo de despliegue transformado.

### 3.6.3 Posibles Errores.

Si el diseñador de sistemas no es cuidadoso, podría encontrar necesario el tener que explicar al programador, tanto la definición del dibujo estructurado como el archivo de despliegue transformado.

Supongamos por ejemplo, que el sistema es diseñado para usar una definición de dibujo estructurado, pero entonces se vuelve deseable usar una pantalla cuyo hardware no ejecute transformaciones. La definición del dibujo estructurado no puede entonces ser usado para propósitos de refrescamiento y un archivo de despliegue transformado debe ser construido en lugar del otro.

Qué tan seguido este archivo de despliegue debe ser reconstruido a partir de la definición del dibujo estructurado? Un método es reconstruirlo enteramente, después de cada cambio en la definición del dibujo estructurado. Esto provoca ser muy ineficiente si muchos

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

cambios son hechos al alcanzar un efecto sencillo: la figura es reconstruida muchas veces aunque sólo la reconstrucción final es relevante.

Alternamente apuntadores podrían ser introducidos dentro de la estructura para ayudar a identificar los segmentos a ser reconstruidos después de cada cambio. Incluso esta técnica, esta sujeta a exhortar a frecuentes reconstrucciones de gran escala, sobre las cuales el programador tiene muy poco control. Solamente el programador conoce realmente cuando la reconstrucción debe ocurrir, y por lo tanto él necesita un medio de control de velocidad y rango de reconstrucción.

Un problema similar aparece en el almacenamiento tubular de despliegue. Aquí el archivo de despliegue no es usado por supuesto para refrescar el despliegue; este puede no obstante ejecutar una función muy útil al permitir que una parte de la figura sea cambiada sin la necesidad de retransformación de ella.

En lugar de esto, sólo el segmento alterado es reconstruido; entonces la pantalla es limpiada y el archivo de despliegue entero es retransmitido. De nuevo, este es un proceso que también el programador preferiría controlar, de tal forma que pueda evitar retrasos innecesarios por cada regeneración.

Lo que hemos identificado aquí son dos casos en los cuales nuestro concepto relativamente simple del proceso de despliegue de salida falla. La definición del dibujo estructurado es inapropiada para despliegue de bajo costo de refrescamiento y el archivo de despliegue transformado no puede ser usado para refrescar un almacenamiento tubular de despliegue.

En cada caso se preparan para hacer la vida más fácil al programador, permitiéndole ver sólo un pequeño camino a lo largo del patrón de salida de la figura 3.1; en el límite de su visión se ha colocado una estructura de datos de despliegue, y se le ha proveído con funciones para construir y modificar esta estructura.

Desafortunadamente, se debe ocasionalmente usar pantallas que no puedan alcanzar lo suficiente un patrón de salida. Estas pantallas, por lo tanto requieren una forma diferente de desplegar las estructuras de datos. Entre las dos estructuras resultantes esta un abismo que debe ser puentado con algunos trucos.

La mejor forma de evitar este abismo entre la definición del dibujo estructurado y el archivo de despliegue transformado es emitir

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

la definición del dibujo estructurado en conjunto, como se muestra en la figura 3.4. Aquí las rutinas de salida llaman a funciones que activan directamente a las rutinas de transformación y depositan información en el archivo de despliegue transformado.

Este abismo es evitado a través de explicarle al programador que el está construyendo un archivo de despliegue transformado fuera de segmentos separados, por lo que el tiene una vista no distorsionada de como se genera la figura.

Este método alcanza un cierto grado de independencia del dispositivo, por sólo dictar que la transformación no será ejecutada durante el ciclo de refrescamiento, aún si el hardware existe para hacer esto. Por esta razón, el método es algo impopular con algunos devotos para alta exactitud en despliegues.

El almacenamiento tubular no puede ser evitado totalmente, excepto por la transformación de dibujos totalmente refrescados después de cada cambio. Esto no es una buena solución: el tiempo de retransformación agranda los retrasos experimentados por el usuario de la terminal.

Aún más este método es incompatible con el uso de despliegues refrescados. Un método mucho mejor es el aceptar el almacenamiento tubular para emplear un archivo de despliegue transformado como el que se muestra en la figura 3.5., y puentear este abismo con una función que señale el final de la sanja de modificaciones en el archivo de despliegue.

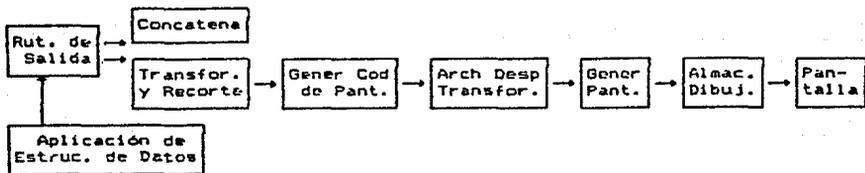


Figura 3.5  
Uso de un archivo de despliegue transformado con  
almacenamiento del dibujo

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

Cuando se quiere que el programa llame a esta función, el dibujo es actualizado a partir de su archivo de despliegue. Si ningún segmento ha sido borrado desde la última actualización, no habrá necesidad de borrar la pantalla y sólo los segmentos adicionales necesitan ser retransmitidos. Este método reduce grandemente los problemas del uso tanto de despliegues tubulares almacenados, así como los refrescados.

### 3.7 Conclusiones

Uno de los principales objetivos de este capítulo fué discutir los factores que nos influyen cuando diseñamos un sistema interactivo de graficación. En el pasado, los diseños de sistemas de graficación mostraban un pobre juicio en busca del criterio de diseño y establecían prioridades de diseño.

Frecuentemente, tenían problemas en la velocidad de respuesta, llegando a la conclusión, que su método no tenía características generales de alto nivel y que esto lo hacía ineficiente. Cada sistema estaba diseñado para hacer lo más eficiente posible el uso del hardware de despliegue. Sistemas de este tipo, hacían difícil la labor de escribir y mantener programas, con lo cual tenían una gran dependencia de los dispositivos.

En esta discusión, las consideraciones de programación y dispositivos independientes debe ser de lo más importante para el diseño de un sistema, particularmente en los primeros niveles de diseño de funciones gráficas o extensiones de lenguajes de programación.

Los diseñadores de sistemas deben tener en cuenta que una de sus principales responsabilidades es hacer que el sistema aparezca simple a la aplicación del programador. Esto no significa que el sistema de ser simple internamente, aunque esto siempre sea una deseable meta. Los "Dispositivos Independientes" no implican que el sistema deba ser capaz de usar todos los tipos de despliegue eficientemente.

Muchos problemas importantes en el diseño de sistemas de graficación no fueron tratados en esta discusión. Esto incluye la dependencia de la máquina y del sistema operativo, dos problemas que hacen difícil crear un sistema de graficación transportable, que pueda ejecutarse en diferentes computadoras sin reprogramar.

El problema de la programación de gráficas de entrada todavía requiere de más búsqueda, con particular énfasis en el diseño del

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

métodos, pero sí en algunas necesidades de refinar las técnicas.

Dos ejemplos de lo mencionado ocurren en el diseño de la transformación de hardware y de las características de entrada de las terminales gráficas de bajo costo. Esto estimula más para poner más atención en los aspectos de refinamiento de sistemas gráficos, lo cual hará más eficiente el uso de gráficas interactivas.

## SOFTWARE PARA SISTEMAS DE GRAFICACION

### Bibliografia

1. William M. Newman and Robert F. Sproull.  
An Approach to Graphics System Design  
IEEE Computer Graphics (1974).
2. M. J. Shantz and G. D. McCann  
Computational Morphology: Three-Dimensional Computer  
Graphics for Electron Microscopy.  
IEEE Computers Graphics (1976).
3. Franklin G. Snow  
Department of Computer and Information  
Three-Dimensional Computer Graphics  
Byte, Marzo (1981).
4. Judith M. S. Prewitt  
National Institutes of Health and Ohio University  
Computer Graphics in Medicine and Biology  
IEEE Computers Graphics, Agosto (1983).
5. R. C. Gammill and D. Robertson  
Graphics and Interactive Systems - Design considerations  
of a software system.  
Computer Conf., AFIPS (1973).
6. William M. Newman and Robert F. Sproull  
Principles of Interactive Computer Graphics  
McGraw-Hill International Book Company (1979)
7. Steven Harrington  
Computer Graphics. A programming Approach  
McGraw-Hill International Book Company (1983)
8. H. E. Kulsrud  
A General-purpose graphic language  
Commun. Ass. Computer.  
Marzo, Vol. 11, no. 4, 1968

## CAPITULO 4

### ANALISIS DEL SISTEMA

Este capítulo se desarrolla básicamente en cinco partes, la primera de las cuales presenta una introducción de las características del sistema. La segunda parte muestra a detalle el diseño e implementación del mismo. Una tercera parte se dedica a la descripción de la arquitectura del equipo de cómputo empleado para la implementación actual, mientras que la cuarta parte describe la interfaz RS-232 empleada y por último, en la quinta parte se discute y evalúa el sistema desarrollado.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.1 INTRODUCCION

De acuerdo a las características de diseño del sistema de representación de estructuras anatómicas en tercera dimensión (J.M.J.), este puede implementarse en cualquier sistema de cómputo que cuente con las siguientes facilidades:

1. Un puerto de entrada/salida (serie) y software para su manejo.
2. Software y monitor que permita realizar despliegues gráficos.
3. Una unidad de disco duro, flexible o cinta.
4. Un digitalizador para discretizar las coordenadas de los cortes de la estructura anatómica.
5. Un graficador para poder obtener resultados en papel. (opcional)
6. Proyector de laminillas. (opcional)

Por lo que cualquier sistema de cómputo que cuente con estas características, podrá ejecutar este sistema. El diseño se realizó en base a tres módulos esencialmente: 1) *Captura*, 2) *Graficador* y 3) *Análisis Totalizador* para que sea transportable y fácil de darle mantenimiento (Fig. 4.1).

El lenguaje de programación en el que se implemente tampoco tiene restricción, ya que el análisis del sistema se realizó siguiendo los algoritmos que presenta el diseño, utilizando las técnicas de la programación estructurada.

## ANALISIS DEL SISTEMA

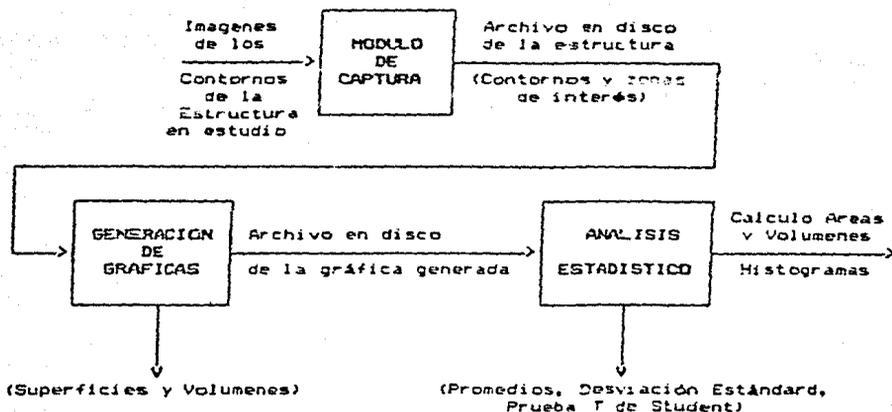


Figura 4.1  
Diagrama General de la interacción de los módulos del sistema

### 4.2 DICERO DEL SISTEMA EN COMPUTADORA

Todo el sistema se implementó en una microcomputadora *Printera*, aunque la forma como fue diseñado (modular) lo hacen transportable a cualquier otro sistema de cómputo. Y esto indispensable, debido a la diversidad de equipo con que cuenta tanto la U.N.A.M. como gran parte de Centros de Investigación dedicados a este tipo de estudios.

Las características generales de los módulos del sistema se presentan en la tabla 4.1.

## ANALISIS DEL SISTEMA

CAP T U R A
<ol style="list-style-type: none"><li>1) Obtiene coordenadas (X,Y,Z) de cada corte histológico con sus zonas de interés.</li><li>2) Genera un archivo por estructura anatómica.</li></ol>
B R A F I C A C I O N
<ol style="list-style-type: none"><li>1) Graficas en dos dimensiones:<ul style="list-style-type: none"><li>* Cualquiera de los cortes histológicos.</li><li>* Estos se escalan y trasladan al centro de una ventana definida.</li><li>* A elección del usuario puede rotarse sobre los ejes X y/o Y.</li></ul></li><li>2) Graficas en tres dimensiones:<ul style="list-style-type: none"><li>* Estructura Anatómica completa.</li><li>* Esta puede escalarse, trasladarse y rotarse sobre los ejes X,Y y/o Z.</li><li>* Para la representación tridimensional se manejan líneas ocultas.</li></ul></li></ol>
A N A L I S I S   E S T A D I S T I C O
<ol style="list-style-type: none"><li>1) Areas de cortes histológicos y zonas de interés. Volúmenes de estructuras anatómicas y zonas de interés.</li><li>2) Obtiene promedios, variancia, desviación estándar, Prueba T de Student y Prueba Xi cuadrada.</li><li>3) Genera histogramas de comparación entre áreas de cortes y volúmenes de estructuras.</li></ol>

Tabla 4.1  
Características básicas del sistema desarrollado

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.2.1 Módulo de Captura

El procedimiento de captura comienza con una secuencia de imágenes (laminillas o fotografías). Cada una de éstas será aproximada a través de segmentos de líneas, unidos por coordenadas de puntos. Estas imágenes son identificadas como independientes dentro de una estructura.

Las coordenadas de puntos son capturadas mediante un proceso analógico-digital, utilizando un digitalizador (tableta, pluma, microprocesador, etc.). Este a su vez enviará la información a través de una interfaz a la microcomputadora. Un conjunto de imágenes estará asociado a una estructura anatómica.

De tal forma existirá un archivo de datos por estructura con sus respectivas zonas de interés. El almacenamiento de este archivo se hará en el medio magnético con el que cuenta la microcomputadora.

#### 4.2.1.1 Método de Registro

Los experimentos se realizaron en ranas identificadas como *Rana Montezumae*, utilizando la clave para clasificar anfibios de Baird (1966), machos y hembras, con un peso aproximado de 310 gr., colocadas en acuarios especiales, mantenidas en condiciones de laboratorio y alimentándolas diario, se les inyectó 0.05 gr./ml de melatonina pura cristalizada (Sigma Chemical) disuelta en Ringer para anfibios intraperitonealmente.

En el caso de la reacción de concentración de pigmentos por efectos de la melatonina, tiene un período de tiempo de vida media que varía de 12 a 30 minutos in vivo.

Prolongando el tiempo de administración de la melatonina, inyectándola diario, se sacrificaron a los 15 días para procesarse y observar los efectos en pigmentos melánicos. Posteriormente se extrajeron las vísceras completas provistas de pigmentos en estudio (corazón, hígado, sustancia negra del mesencéfalo), y se fijaron en formol al 10%.

Estas se observaron en el microscopio estereoscópico, utilizando en todas el mismo aumento. Después se incluyeron en parafina, cortándolas a diferentes niveles de 6 micras cada uno de los cortes, para ténirlos con rojo nuclear rápido (Kernechtrot). Con lo cual se obtienen los cortes histológicos en una laminilla o en fotografía para su estudio.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.2.1.2 Proceso

La información gráfica proveniente de una laminilla o de una fotografía del corte histológico puede convertirse a un conjunto de coordenadas (X,Y,Z) en un proceso llamado digitalización (conversión de una señal analógica a una clave binaria).

Esta información deberá ser obtenida a la misma escala y colocarse dentro del mismo marco de referencia, ya que tanto los datos registrados en las gráficas tridimensionales como el análisis estadístico no coincidirían unos con otros y no llegaríamos a obtener una gráfica real de la estructura ni los datos serían estadísticamente significativos.

El proceso de captura es el siguiente:

1. Para el caso de que los investigadores trabajen directamente con las laminillas, se hará uso de un proyector de laminillas, que proyectará la imagen sobre la tableta digitalizadora y con la ayuda de un micrómetro ocular mantendrá la escala en todos los cortes histológicos de la estructura. Con la pluma magnética o el cursor se marcan los puntos del corte con sus zonas de interés.
2. Para la fotografía, se coloca directamente sobre la tableta digitalizadora, marcando los puntos del corte y de las zonas de interés con la pluma magnética o con el cursor.
3. Seleccionar por medio de una letra del menú de comandos colocado en la parte inferior izquierda de la tableta digitalizadora, el tipo de superficie a digitalizar. Corte (A), zona de interés (B) o fin de estructura (C).
4. Al digitalizar cada uno de los puntos de una superficie, las coordenadas de éstos se despliegan en el display de 64 caracteres. Los cuales serán transferidos inmediatamente a través de la interfaz RS-232 a la microcomputadora.

De esta forma, se lleva a cabo la conversión analógica-digital. La información enviada a la microcomputadora, se verifica para su procesamiento y posterior almacenamiento digital en discos flexibles.

### 4.2.1.3 Programación

El programa encargado de la captura se realizó en GwBasic, ya que  cuenta con el acceso de puertos seriales de comunicación que se   
1 Equipo Auxiliar (Apéndice D).

## ANALISIS DEL SISTEMA

manejan como archivos. La entrada de información es una cadena de 64 caracteres, que es el tamaño del display donde se muestran las coordenadas digitalizadas<sup>2</sup>.

Estas son enviadas a través de la interfaz a la microcomputadora. La información enviada es alfanumérica pero, dentro del programa se realiza la conversión a información numérica, esto es, para las coordenadas X,Y. Se verifica que estas coordenadas recibidas no sean cero para su almacenamiento en un archivo por estructura en disco flexible de la siguiente forma:

```
Z , # datos , C
X , Y
X , Y
.
.
.
Z , # datos , P
X , Y
.
.
.
Z , # datos , P
X , Y
.
.
.
Z , # datos , C
X , Y
X , Y
.
.
.
Z , # datos , P
X , Y
.
.
.
.
```

Donde:

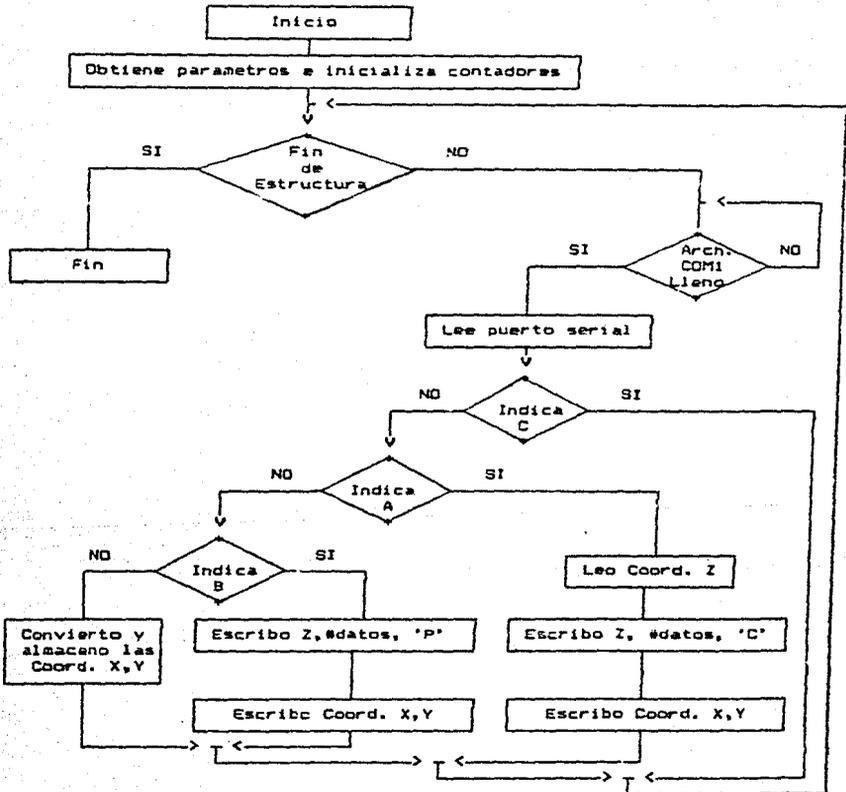
Z : Coordenada Z  
datos : Numero de datos (coordenadas) por corte o por pigmento  
C : Significa que capturamos un corte  
P : Significa que capturamos un pigmento  
X , Y : Son las coordenadas (X,Y) de las superficies

Tabla 4.2  
Estructura del archivo de captura

<sup>2</sup> Listados de Programas (Apéndice A).

ANALISIS DEL SISTEMA

4.2.1.4 Diagrama de Flujo de la Captura de Coordenadas



## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.2.2 Módulo de Graficación

Este módulo se encarga de la generación de gráficas y de su almacenamiento en disco. Su entrada es un archivo en disco conteniendo las coordenadas que definen a cada uno de los cortes de la estructura (X,Y,Z), así como las de sus respectivas zonas de interés.

A partir de estas coordenadas, se construyen dos tipos de graficas (a selección del usuario). Estas graficas son: Corte Histológico con zonas de interés (superficies, dos dimensiones) y Estructura Anatómica con zonas de interés (volumen, tres dimensiones).

Estas graficas una vez generadas y desplegadas en pantalla tendrán nuevas coordenadas (X,V,Z) ya que ahora están transformadas, esto es, escaladas, trasladadas y rotadas dentro de una ventana definida, por lo que para no estar repitiendo esta transformación, el usuario podrá decidir si guarda o no la grafica en un medio magnético (disco flexible), por si desea verla de nuevo, ocurrirá más rápido el despliegue y no se desperdiciará tiempo en volver a realizar el proceso de la generación de la grafica.

#### 4.2.2.1 Gráficas de Cortes Histológicos.

Estas graficas se construyen a partir de las coordenadas digitalizadas, siendo escaladas al tamaño de una ventana definida y trasladada al centro de la misma. Se elige un corte de la estructura a desplegarse en pantalla o bien se despliegan todos los cortes en la secuencia de captura.

El corte elegido se muestra junto con sus zonas de interés. Se puede modificar la escala del corte desplegado, así mismo se puede rotar sobre los ejes X y/o Y (en grados).

#### 4.2.2.2 Gráficas de Estructuras Anatómicas.

La generación de la estructura en tres dimensiones se da a partir de todos los cortes histológicos de la misma almacenados en un archivo. Esta estructura es escalada a una ventana definida, trasladada al centro de esta y rotada sobre cualquiera de los ejes X, Y y/o Z. La estructura mostrada tiene líneas ocultas con lo cual da una mejor representación tridimensional. Cualquiera de los parámetros mencionados anteriormente pueden ser modificados a elección del usuario.

#### 4.2.2.3 Despliegue

Para ambos submódulos, una vez generadas las graficas, éstas son desplegadas en pantalla y sobre ellas se puede modificar la escala y/o

## ANALISIS DEL SISTEMA

rotarse sobre algún eje. La gráfica mostrada en pantalla se puede almacenar en disco si se desea analizarla posteriormente o si se desea obtenerla a papel. En el capítulo 5 se muestran resultados del sistema, dando diversas gráficas de ambos tipos, así como las opciones mencionadas.

### 4.2.2.4 Programación

El programa para el módulo de graficación se realizó en el lenguaje de programación Turbopascal, ayudado del paquete de graficación Turbo Graphix Toolbox. En el Capítulo 3 se desarrollan conceptos sobre graficación en 2 y 3 dimensiones.

### 4.2.2.5 Procedimiento Analítico

Este procedimiento consta de una serie de pasos, para obtener una gráfica de la estructura vista desde el mejor punto de un observador. Partiendo del archivo de coordenadas capturadas:

1. Interpolación de Lagrange.
2. Transformación de Coordenadas.
3. Ocultamiento de Líneas.

#### *Interpolación de Lagrange*

El objetivo de utilizar una interpolación, es para que aproxime los puntos que definen a la superficie, a una función (polinomio). Con lo cual se tendrá una función determinada para los puntos y un número específica de puntos. De esta forma todas las superficies se encuentran dentro de una malla definida por el mismo número de puntos.

Se trata de encontrar una fórmula de interpolación aplicable a funciones tabulares con valores de X que no sean equidistantes. Para hacer la interpolación, se busca un polinomio que pase por todos los puntos capturados. Es evidente que, si se tuvieran únicamente dos puntos, el polinomio que pasa por éstos es de grado uno (recta); si se tuvieran tres, el polinomio es de segundo grado (parábola), etc. En el caso general de tener n puntos, el polinomio debe ser de grado n-1, o sea:

$$y = a_0 x^{n-1} + a_1 x^{n-2} + \dots + a_{n-2} x + a_{n-1}$$

---

<sup>1</sup> Listados de Programas (Apéndice A).

## ANÁLISIS DEL SISTEMA

Este polinomio puede escribirse en la forma:

$$\begin{aligned}
 y = & A_1 (x - x_2) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n) + \\
 & + A_2 (x - x_1) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n) + \\
 & + A_3 (x - x_1) (x - x_2) (x - x_4) \dots (x - x_n) + \dots + \\
 & + A_n (x - x_1) (x - x_2) (x - x_3) \dots (x - x_{n-1}) \quad [1]
 \end{aligned}$$

el cual también es de grado  $n - 1$ . Los coeficientes  $A_0, A_1, A_2 \dots A_n$ , se determinarán de manera que la gráfica del polinomio pase por todos y cada uno de los puntos especificados. Entonces, si  $x = x_1$  en [1], y será igual a  $y$ , o sea:

$$y_1 = A_1 (x_1 - x_2) (x_1 - x_3) (x_1 - x_4) \dots (x_1 - x_n) \quad [2]$$

Procediendo en forma análoga se obtienen los demás coeficientes de [1]; el último se obtiene haciendo  $x = x_n$ , quedando  $y = y_n$ , o sea:

$$y_n = A_n (x_n - x_1) (x_n - x_2) (x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1}) \quad [3]$$

por lo que

$$A_n = \frac{y_n}{(x_n - x_1) (x_n - x_2) (x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1})} \quad [4]$$

Sustituyendo de [2] a [4] y las demás ecuaciones que se obtendrían procediendo de la misma forma, se llega finalmente a:

$$\begin{aligned}
 y = & \frac{(x - x_2) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_2) (x_1 - x_3) (x_1 - x_4) \dots (x_1 - x_n)} y_1 + \\
 & + \frac{(x - x_1) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n)}{(x_2 - x_1) (x_2 - x_3) (x_2 - x_4) \dots (x_2 - x_n)} y_2 + \dots + \\
 & + \frac{(x - x_1) (x - x_2) (x - x_3) \dots (x - x_{n-1})}{(x_n - x_1) (x_n - x_2) (x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1})} y_n
 \end{aligned}$$

la cual recibe el nombre de fórmula de *Interpolación de Lagrange* y que puede representarse notacionalmente como:

$$h = \frac{x_n - x_0}{n} \quad x = x_0 + kh$$

## ANÁLISIS DEL SISTEMA

Este polinomio puede escribirse en la forma:

$$\begin{aligned}
 y = & A_1 (x - x_2) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n) + \\
 & + A_2 (x - x_1) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n) + \\
 & + A_3 (x - x_1) (x - x_2) (x - x_4) \dots (x - x_n) + \dots + \\
 & + A_n (x - x_1) (x - x_2) (x - x_3) \dots (x - x_{n-1}) \quad [1]
 \end{aligned}$$

el cual también es de grado  $n - 1$ . Los coeficientes  $A_0, A_1, A_2 \dots A_n$ , se determinarán de manera que la gráfica del polinomio pase por todos y cada uno de los puntos especificados. Entonces, si  $x = x_1$  en [1], y será igual a  $y_1$ , o sea:

$$y_1 = A_1 (x_1 - x_2) (x_1 - x_3) (x_1 - x_4) \dots (x_1 - x_n) \quad [2]$$

Procediendo en forma análoga se obtienen los demás coeficientes de [1]; el último se obtiene haciendo  $x = x_n$ , quedando  $y = y_n$ , o sea:

$$y_n = A_n (x_n - x_1) (x_n - x_2) (x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1}) \quad [3]$$

por lo que

$$A_n = \frac{y_n}{(x_n - x_1) (x_n - x_2) (x_n - x_3) \dots (x_n - x_{n-1})} \quad [4]$$

Sustituyendo de [2] a [4] y las demás ecuaciones que se obtendrían procediendo de la misma forma, se llega finalmente a:

$$\begin{aligned}
 y = & \frac{(x - x_2) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_2) (x_1 - x_3) (x_1 - x_4) \dots (x_1 - x_n)} y_1 + \\
 & + \frac{(x - x_1) (x - x_3) (x - x_4) \dots (x - x_n)}{(x_2 - x_1) (x_2 - x_3) (x_2 - x_4) \dots (x_2 - x_n)} y_2 + \dots + \\
 & + \frac{(x - x_1) (x - x_2) (x - x_4) \dots (x - x_n)}{(x_n - x_1) (x_n - x_2) (x_n - x_4) \dots (x_n - x_{n-1})} y_n
 \end{aligned}$$

la cual recibe el nombre de fórmula de *Interpolación de Lagrange* y que puede representarse notacionalmente como:

$$h = \frac{x_n - x_0}{n} \quad x = x_0 + kh$$

## ANALISIS DEL SISTEMA

$$y = \sum_{l=1}^n \frac{\prod_{j=1}^n (x_l - x_j)}{\prod_{j=1, j \neq l}^n (x_l - x_j)} y_l, \text{ donde } j \neq l$$

### *Transformación de Coordenadas*

Los puntos en un espacio pueden ser definidos como una terna de coordenadas (X,Y,Z). Un objeto puede ser descrito por un conjunto de líneas, conectando puntos en el espacio, por lo cual podemos dibujarlo con sólo seguir sus puntos.

Una vez que tenemos los puntos que describen un objeto, podemos imaginar como lo veremos. Cuando nosotros observamos a un objeto, lo que vemos está determinado por nuestro punto de vista y la posición del objeto.

Lo que se desea es observar al objeto desde cualquier ángulo. Por lo tanto, se puede mover el objeto a una posición deseada, dado un punto de vista particular.

Entonces, podemos considerar dos puntos en el espacio; la posición desde la cual existe un observador y la posición hacia la cual se observa, esto es, *punto visual* y *punto de interés*, respectivamente.

Hasta aquí se ha definido un objeto dentro de su propio espacio o marco de referencia. Ahora se puede arreglar un objeto en una escena, con una orientación y en posiciones diferentes.

Así pues, para generar una imagen en forma tridimensional, tenemos que los puntos del objeto deben ser transformados para conformar el punto visual y el punto de interés de un objeto.

Los puntos deben ser transformados de acuerdo a los límites de la superficie de graficación (pantalla).

Esta transformación consta de tres puntos:

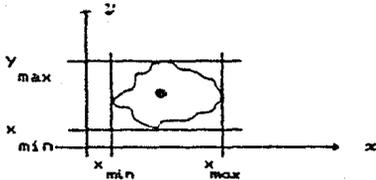
1. Traslación.
2. Escalamiento.
3. Rotación.

## ANALISIS DEL SISTEMA

**Traducción.** - Cambiar la posición de un objeto es relativamente simple, podemos mover un objeto sobre la coordenada X, adicionando algún número positivo a todas sus coordenadas, así mismo para las coordenadas Y y Z.

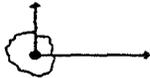
**Escala.** - Similarmente, al cambiar el tamaño de un objeto, se multiplican todas las coordenadas de los puntos que describen al objeto.

De este modo, cambiar la posición y el tamaño de un objeto, es relativamente directo, como se muestra a continuación:



$$x_c = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{2} + x_{\min}$$

$$y_c = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{2} + y_{\min}$$



$$T \rightarrow (x - x_c), (y - y_c)$$



$$S \rightarrow S_x (x - x_c), S_y (y - y_c)$$

Concluyendo:



$$\left[ S_x (x - x_c) + x_e, S_y (y - y_c) + y_e \right]$$

Donde:

$x, y$  : Coordenadas de la curva

$x_c, y_c$  : Coordenadas centradas

$x_e, y_e$  : Coordenadas del centro de la ventana definida

$S_x, S_y$  : Escalas para coordenadas (X,Y)



## ANÁLISIS DEL SISTEMA

Si se desea ver un punto a partir de la dirección del observador, siempre se hará en forma paralela a ésta. Entonces, en la geometría analítica, una ecuación del plano se puede determinar conociendo un punto y la dirección de un vector normal al plano. Como tenemos el punto  $P(x,y,z)$  y el vector normal  $N$ , la ecuación del plano es:

$$Ax + By + Cz = 0 \quad \dots [1]$$

Como se cuenta con un recta en  $R^3$  tal que contiene un punto dado  $P(x,y,z)$  y es paralela al vector  $N$ , podemos utilizar las ecuaciones paramétricas de la recta, donde el vector  $N(A,B,C)$  determina su dirección.

Considerando que todo vector se puede expresar como una combinación lineal de los vectores de una de sus bases, se utilizan los vectores unitarios  $i = [1,0,0]$ ,  $j = [0,1,0]$ ,  $k = [0,0,1]$  que forman la base canónica del sistema  $X, Y$  y  $Z$ .

Entonces el procedimiento que se sigue es, sustituir las direcciones de los vectores unitarios  $[i,j,k]$  en la ecuaciones paramétricas y a su vez sustituir estas direcciones en la ecuación del plano, con lo que, obtendremos el valor del parámetro  $t$  en las tres direcciones  $[1,0,0]$ ,  $[0,1,0]$  y  $[0,0,1]$ .

Esto es:

$$\begin{aligned} \text{Ecuaciones paramétricas:} \quad & x = At + x_0 \quad y = Bt + y_0 \quad z = Ct + z_0 \\ \text{\$ Dirección } [1,0,0]: \quad & x_1 = At + 1 \quad x_2 = Bt \quad x_3 = Ct \quad \dots [2] \end{aligned}$$

Sustituyendo en [1]:

$$\begin{aligned} A(1 + At) + B(Bt) + C(Ct) &= 0 \\ A + A^2t + B^2t + C^2t &= 0 \\ (A^2 + B^2 + C^2)t &= -A \\ t &= -A \quad \dots [3] \end{aligned}$$

Sustituyendo [3] en [2]:

$$x_1 = 1 - A^2 \quad x_2 = -AB \quad x_3 = -AC$$

$$\text{\$ Dirección } [0,1,0]: \quad y_1 = At \quad y_2 = Bt + 1 \quad y_3 = Ct \quad \dots [4]$$

Realizando el mismo procedimiento:

$$t = -B \quad \dots [5]$$

## ANALISIS DEL SISTEMA

Sustituyendo [5] en [4]:

$$y_1 = -AB$$

$$y_2 = 1 - B^2$$

$$y_3 = -AC$$

\* Dirección [0,0,1]:  $z_1 = At$        $z_2 = Bt$        $z_3 = Ct + 1 \dots [6]$

Realizando el mismo procedimiento:

$$t = -C \dots [7]$$

Sustituyendo [7] en [6]:

$$z_1 = -AC$$

$$z_2 = -BC$$

$$z_3 = 1 - C^2$$

Ahora bien, se obtiene la distancia de [i,0,0], [0,j,0], [0,0,k] respecto a su proyección al plano:

$$u_x = \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} \quad u_y = \sqrt{y_1^2 + y_2^2 + y_3^2} \quad u_z = \sqrt{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2}$$

Entonces se considera que tenemos tres puntos en el plano.

Siendo estos coplanares y podrán manejarse como un plano definido. Este plano equivale a la pantalla de la microcomputadora. Estos tres puntos son las distancias de la proyección del punto en el espacio sobre el plano.

Así pues, con esto se puede definir nuestro sistema de referencia. Para esto vamos a tomar una serie de convenciones. La coordenada Z siempre se tomará hacia arriba (Eje Y) para realizar el giro del objeto. Y las coordenadas X y Y se tomarán de acuerdo al ángulo sobre el que se gire (Eje X). Esto es gráficamente:

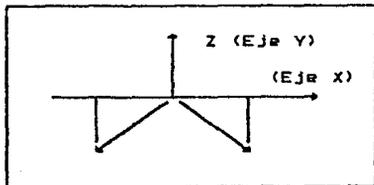


Figura 4.3  
Pantalla de micro

## ANALISIS DEL SISTEMA



**Figura 4.4**  
Algunas de las posibles proyecciones de un punto

Entonces, podemos definir los ángulos para las distancias X y Y respecto a Z. Esto es, si conocemos las coordenadas del punto en el espacio, las distancias de la proyección del punto respecto al plano y los ángulos de giro de X y Y respecto al de Z, concentraremos las coordenadas (X, Y) (pantalla) del punto a representar (espacio).

*Definición del Angulo Zi*

*Angulo Z = 90° + ángulo de giro*

Los 90° son respecto al eje X de la pantalla. Referirse a la figura 4.3. El ángulo de giro, es el que proporciona el usuario.

*Definición del Angulo Xi*

Para encontrar el ángulo X respecto al eje Z, consideramos:

$$\cos XZ = \frac{x_1 + z_1 + x_2 + z_2 + x_3 + z_3}{u_x + u_z}$$

Los puntos x, z con sus distancias, hallaremos el coseno de X respecto a Z. El producto cruz de los vectores X y Z nos dará un vector cuya dirección será la del avance de un tornillo de rosca derecha. Y el producto punto es un escalar, de tal forma hallaremos el ángulo X.

$$(\vec{Z} \times \vec{X}) \cdot \vec{N} = \begin{vmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ x_1 & x_2 & x_3 \\ A & B & C \end{vmatrix}$$

Si es el resultado es positivo: *Angulo X = Angulo Z + Angulo XZ*

Si es el resultado es negativo: *Angulo X = Angulo Z - Angulo XZ*

En cuanto a que si los resultados fueron positivos o negativos es debido a la dirección del avance del tornillo (convención al principio de la parte de rotación). Referirse a las figuras 4.3 y 4.4.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### *Definición del Angulo Y:*

Se toman exactamente las mismas consideraciones que para el ángulo X, sólo que ahora es respecto a Y.

$$\cos YZ = \frac{y_1 \cdot z_1 + y_2 \cdot z_2 + y_3 \cdot z_3}{u_y + u_z}$$

$$(\vec{Z} \times \vec{Y}) \cdot \vec{N} = \begin{vmatrix} z_1 & z_2 & z_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ A & B & C \end{vmatrix}$$

Si es el resultado es positivo: *Angulo Y* = Angulo Z + Angulo YZ

Si es el resultado es negativo: *Angulo Y* = Angulo Z - Angulo YZ

A partir de estos ángulos, se calculan los senos y cosenos respecto al eje X de la pantalla. Con esto completamos la matriz de transformación para la obtención de las coordenadas (X, Y) en la pantalla del punto en el espacio a representar, como ya lo habíamos mencionado anteriormente.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_x \cos x & u_y \cos y & u_z \cos z \\ u_x \sen x & u_y \sen y & u_z \sen z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix}$$

De esta forma se obtendrán las coordenadas (X,Y) de todos los puntos capturados de una estructura anatómica.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### *Ocultamiento de Líneas*

Finalmente, aquellas partes del objeto que están escondidas desde un cierto punto de vista, ya sea porque excede los límites de la ventana o porque son escondidos por otra parte del objeto, deben ser eliminadas.

Esto, con el objeto de dar una mejor representación tridimensional al objeto. El método que a continuación se describe es muy sencillo.

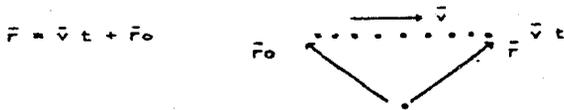
Consideremos la distancia entre dos puntos  $P_0(x_0, y_0)$  y  $P_1(x_1, y_1)$ , la cual podemos representar así:

$$\begin{array}{c} \dots\dots\dots X \quad P_1 \\ \dots\dots\dots \nearrow \\ X \quad P_0 \end{array} \quad (x_1 - x_0, y_1 - y_0) = (a, b) = \vec{u}$$

La diferencia entre las coordenadas de los puntos X, Y se puede considerar como una distancia unitaria. Si se define como vector unitario:

$$\hat{u} = \frac{\vec{u}}{|\vec{u}|} \quad |\vec{u}| = \sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$$

Una vez definido el vector con su distancia, haremos una representación de la distancia entre dos puntos, por medio de su ecuación paramétrica.



Entonces los puntos definidos entre las coordenadas X, Y, estarán definidos por las ecuaciones:

$$\begin{array}{l} x = v_x t + x_0 \\ y = v_y t + y_0 \end{array}$$

## ANALISIS DEL SISTEMA

Donde las direcciones de X y Y estan dadas por:

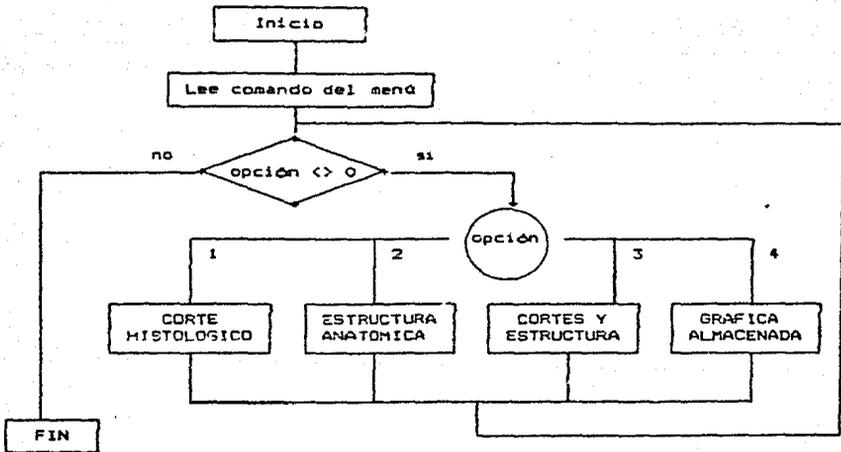
$$v_x = \frac{x_b - x_a}{\sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}}$$
$$v_y = \frac{y_b - y_a}{\sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}}$$

Con lo cual, tendremos la distancia y la dirección definida de todos los puntos entre dos coordenadas. Entonces si tenemos todos los puntos definidos de la superficie, podremos compararlos dentro de una malla definida cual de ellos esta más cerca del observador y decidir cual se imprime y cual no.

Por lo tanto, al poder rotar yocular líneas, obtenemos la representación de una estructura anatómica en tres dimensiones.

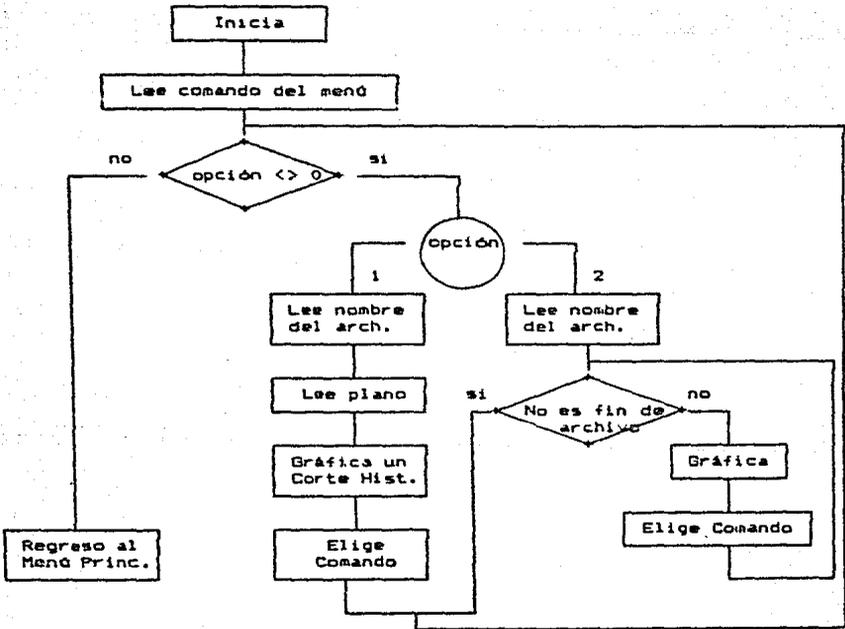
ANALISIS DEL SISTEMA

4.2.2.6 Diagrama de Flujo de la Graficación.



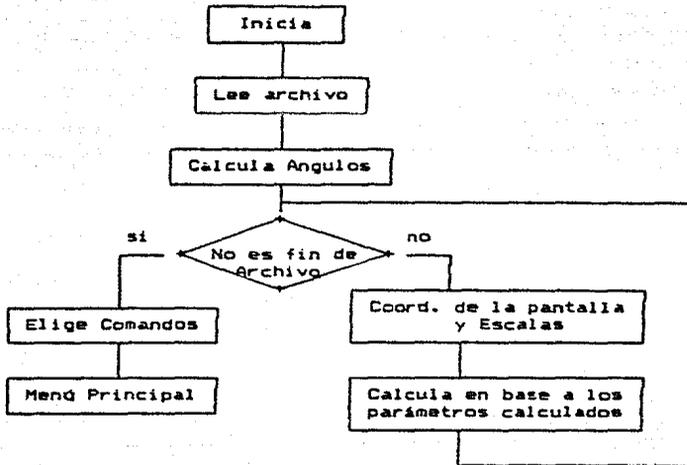
ANALISIS DEL SISTEMA

Corte Histológico



# ANALISIS DEL SISTEMA

## Estructura Anatómica



Elige Comando ( en cualquiera de los diagramas de flujo ) :

RETURN .- Continúa con las gráficas

A .- Almacena la grafica mostrada en pantalla en un archivo auxiliar.

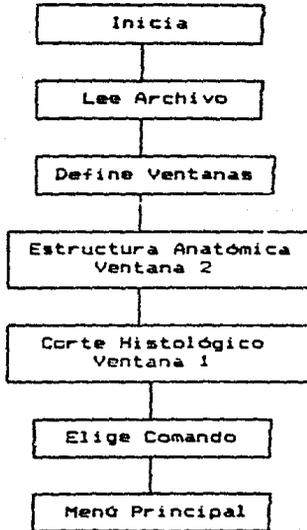
I .- Imprime en papel la gráfica en pantalla.

M .- Modifica la estructura mostrada (escalas o rotación).

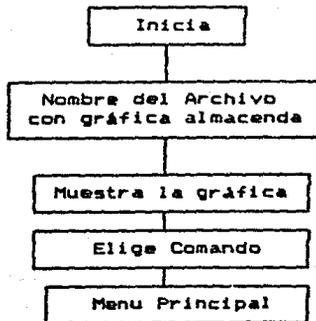
T .- Termina la gráfica mostrada y regresa al último menú mencionado.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### Corte y Estructura



### Gráfica Almacenada



## ANÁLISIS DEL SISTEMA

### 4.2.3 Análisis Estadístico

La información que proveen las gráficas de dos o tres dimensiones, proporciona una herramienta útil para el comportamiento de melaninas internas en estructuras anatómicas.

Pero debe ser complementada, hecho que se logra al utilizar una herramienta adicional en el descifrado de este fenómeno. Dicha herramienta la constituye el análisis estadístico sobre áreas y volúmenes, que va dirigido a generar una evidencia, para apoyar el rechazo o la aceptación de las hipótesis propuestas en este trabajo (Capítulo 1).

La entrada la constituye áreas de cortes de una sola estructura y volúmenes de varias estructuras almacenados en disco y sobre ellos se pueden analizar varios parámetros estadísticos, que se mencionan más adelante.

Esto proporciona el resultado del análisis que se muestra en pantalla o en papel. Estos resultados se proporcionan al usuario para, saber en forma estadística de que manera varían los pigmentos melánicos en los diferentes experimentos y así apoyar a los histogramas de comparación entre áreas y volúmenes.

Cada una de las pruebas e histogramas serán elegidos a criterio del usuario.

#### 4.2.3.1 Programación

Este módulo se realizó en Lenguaje Turbopascal con ayuda del paquete de graficación Turbo Graphix Toolbox, para la creación de los histogramas.

#### 4.2.3.2 Procedimiento Analítico

Este procedimiento consta del cálculo de área y volumen, para su posterior análisis estadístico. Este se constituye de:

- a) Media
- b) Variancia
- c) Desviación Estándar
- d) Prueba T de Student
- e) Prueba  $\chi^2$  cuadrada

---

<sup>1</sup> Listados de Programas (Apéndice A).

## ANÁLISIS DEL SISTEMA

Antes de desarrollar cada uno de los puntos mencionados anteriormente, primero se muestra la forma de cálculo de área y volumen.

### Cálculo de Área

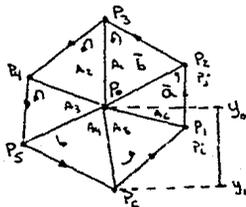
El área de un pigmento del corte histológico se calcula por medio del siguiente método:

El área de un triángulo en el plano  $xy$ , el cual está formado por tres puntos 1, 2, 3, con coordenadas  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ , que equivale a:

$$(1, 2, 3) = \frac{1}{1 \cdot 2} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}$$



Para este triángulo, la fórmula que empleamos para el área puede tener un signo positivo o negativo, de acuerdo al sentido del triángulo de los vértices 1 a 3 pasando por 2, esto es en sentido contrario a las manecillas del reloj. De tal forma que el área de un polígono la podemos obtener a partir de triángulos, de la siguiente forma:



$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$$

$$\vec{a} = (x_1 - x_0)\vec{i} + (y_1 - y_0)\vec{j}$$

$$\vec{b} = (x_2 - x_0)\vec{i} + (y_2 - y_0)\vec{j}$$

Considerando:  $V = \vec{a} \cdot \vec{b} \cdot \vec{c}$

Si  $\vec{c} = (0, 0, 1)$

$$\begin{vmatrix} x_1 - x_0 & y_1 - y_0 & 0 \\ x_2 - x_0 & y_2 - y_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Generalizando:

$$\begin{vmatrix} x_i - x_0 & y_i - y_0 & 0 \\ x_j - x_0 & y_j - y_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

## ANALISIS DEL SISTEMA

De tal forma que el área del triángulo es:

$$A = (x_i - x_o) (y_j - y_o) - (x_j - x_o) (y_i - y_o)$$

Como la superficie está definida por varios triángulos, la suma de ellos conformará el área total del pigmento.

### *Cálculo de Volumen*

Para obtener el volumen de una estructura anatómica se puede considerar que ésta está contenida dentro de un cono, siendo cada corte histológico una sección del cono.

Teniendo como referencia la parte inferior de la estructura, el pico del cono y la parte superior de la estructura, la base del cono (Fig. 4.5). El radio de las secciones del cono se medirán a través de las áreas de los cortes histológicos.

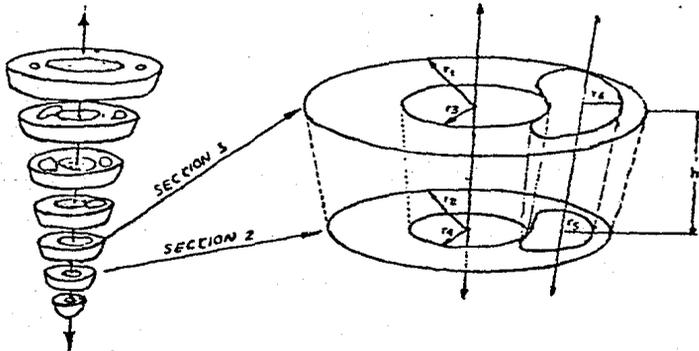
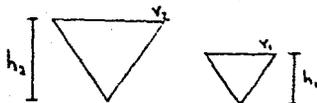


Figura 4.5  
Modelo Geométrico para cálculo de volumen

## ANALISIS DEL SISTEMA

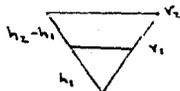
El procedimiento es el siguiente:



$$V_1 = \frac{1}{3} \pi r_1^2 h_1$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi r_2^2 h_2$$

$$V_2 - V_1 = \frac{1}{3} \pi (r_2^2 h_2^2 - r_1^2 h_1^2) = V$$



$$\frac{h_2}{r_2} = \frac{h_1}{r_1} \quad h_2 = \frac{r_2}{r_1} h_1 \quad h = h_2 + h_1$$

$$h = \frac{r_2}{r_1} h_1 - h_1 \quad h = h_1 \left( \frac{r_2}{r_1} - 1 \right)$$

Sustituyendo  $h_1$  y  $h_2$  en  $V_1$ :

$$\frac{1}{3} \pi (r_2^2 (h + h_1) - r_1^2 h_1)$$

$$\frac{1}{3} \pi (r_2^2 h + r_2^2 h_1 - r_1^2 h_1)$$

$$\frac{1}{3} \pi (r_2^2 h + h_1 (r_2^2 - r_1^2))$$

$$\frac{1}{3} \pi (r_2^2 h + h \frac{r_2^2 - r_1^2}{r_2 - r_1} (r_2 \pm r_1))$$

$$\frac{1}{3} \pi h (r_2^2 + r_1 (r_2 + r_1))$$

$$\frac{1}{3} \pi h (r_2^2 + r_1 r_2 + r_1^2) = V$$

De esta forma, queda definido el volumen para la estructura anatómica.

### *Estadística Básica*

En la mayoría de los análisis médicos hay que tomar decisiones con base en experimentos. Un experimento especifica exactamente qué ensayos o pruebas han de realizarse y qué ha de observarse. Estos ensayos, que llevan a resultados u observaciones, generalmente se repiten varias veces bajo condiciones uniformes o constantes.

## ANALISIS DEL SISTEMA

Aun cuando se tiene gran cuidado de mantener las condiciones del experimento tan uniformes como sea posible, las observaciones individuales muestran una variabilidad intrínseca que no puede eliminarse.

En vez de ignorar esta variabilidad, puede incorporarse a un modelo matemático del fenómeno físico que se está estudiando. Este modelo es una descripción matemática del proceso y generalmente es de una naturaleza simplificada.

Por lo cual, a continuación se describen algunas de las pruebas utilizadas para el análisis de áreas y volúmenes de las estructuras anatómicas en estudio.

### Media

Dada una muestra  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , se introduce una medida del tamaño promedio de los valores de la muestra.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

### Variación

Es una medida de "esparcimiento" o "variación" de los valores de una muestra. Se puede escoger una cantidad que mida la desviación de los valores de la muestra  $x_1, x_2, \dots, x_n$  con relación a la media  $\bar{x}$ , de tal manera que se tomen en cuenta todos los valores de la muestra. Tomando cuadrados para eliminar el signo:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

### Desviación Estándar

La raíz no negativa de  $s^2$  se llama desviación estándar de la muestra:

$$s = \sqrt{s^2}$$

## ANALISIS DEL SISTEMA

### Pruebas para funciones de distribución

A continuación se muestran dos pruebas para probar la hipótesis de que cierta función  $F(x)$  es la función de distribución de una población. Para la muestra se necesita una muestra tomada de la población.

Es evidente que la función de distribución correspondiente a la muestra,  $\bar{F}(x)$ , es una aproximación de  $F(x)$ , y se puede esperar que la eficacia de la concordancia dependa del tamaño de la muestra. Si  $\bar{F}(x)$  se aproxima "suficientemente bien" a  $F(x)$ , no rechazaremos la hipótesis de que  $F(x)$  es la función de distribución de esa población. Si  $\bar{F}(x)$  se desvía "demasiado" de  $F(x)$ , rechazaremos la hipótesis.

#### Prueba T de Student

Esta prueba se basa en la distribución de la variable aleatoria:

$$T = \frac{X}{\sqrt{Y/n}}$$

donde  $n$  es un entero positivo que se llama número de grados de libertad de la distribución  $t$ ;  $X$  y  $Y$  son variables aleatorias independientes, de las cuales  $X$  es normal con media 0 y variancia 1, y  $Y$  tiene distribución  $\chi^2$  cuadrada con  $n$  grados de libertad.

#### Prueba $\chi^2$ cuadrada

Sean  $X_1, \dots, X_n$ , variables aleatorias normales independientes que tienen media 0 y variancia 1. La suma de sus cuadrados se representa en general por  $\chi^2$  ( $\chi^2$  cuadrada), esto es,

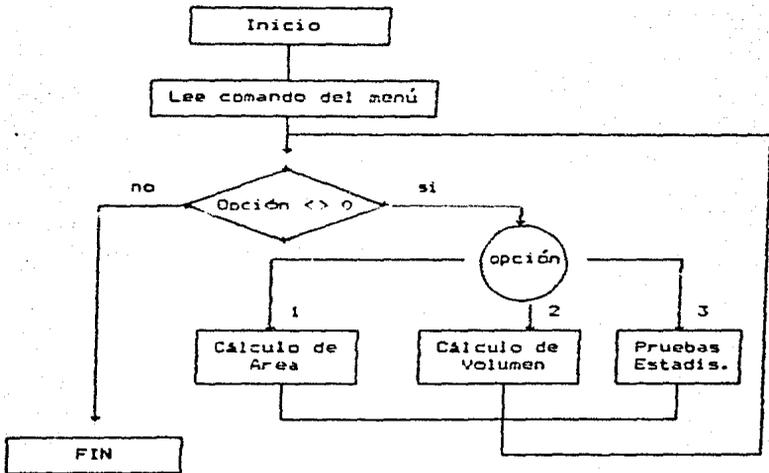
$$\chi^2 = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2$$

y cuya densidad:  $f(x) = K_n x^{(n-2)/2} e^{-x/2}$  cuando  $x > 0$

donde  $n$  es el número de grados de libertad de la distribución, y  $K_n$  es una constante.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.2.3.3 Diagrama de Flujo del Módulo de Estadística



Cada una de estas opciones sigue el algoritmo mencionado anteriormente.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.3 IMPLEMENTACION EN UNA COMPUTADORA

#### 4.3.1 Caso Particular: Microcomputadora PRINTAFORM

El avance de la microelectrónica prosigue a una velocidad impresionante, y ya por los años 72-73 surge en el mercado una nueva familia de circuitos integrados de alta densidad, que reciben el nombre de microprocesadores. Las microcomputadoras que se diseñan con base en estos circuitos son extremadamente pequeñas y baratas, por lo que su uso se extiende al mercado de consumo industrial.

Los microprocesadores más usuales actualmente fueron diseñados por tres compañías: el Z-80 de Zilog, el 6809 de Motorola y el 8088 de Intel, aunque el avance en este campo continúa mes con mes.

Las microcomputadoras basadas en estos (y otros) procesadores son de marcas tan diversas como Apple, Cromemco, IBM, IMS, NEC, Radio Shack, Hewlett-Packard, Canon entre otras.

Actualmente se habla de las (micro) "computadoras de uso personal", que son lo suficientemente baratas y accesibles para ser empleadas por pequeñas organizaciones.

#### 4.3.2 Principales Características del Microprocesador 8088.

El microprocesador de 8 bits de Intel (8088) representa una innovación en circuitos integrados de estado sólido. Implementado en una pieza de silicio con tecnología HMOS y encapsulado con 40 pines.

Este procesador consta de una Unidad de Ejecución (EU: Execution Unit) y una Unidad Interfaz de Bus (BIU: Bus Interface Unit). La Unidad de Ejecución está encargada de realizar todas las operaciones mientras que la Unidad de Interfaz de Bus está encargada de acceder datos e instrucciones del mundo exterior (Fig. 4.3).

## ANALISIS DEL SISTEMA

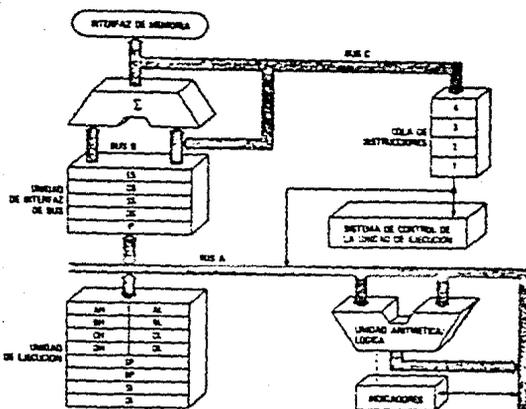


Figura 4.3

Diagrama de Bloques de la CPU 8088

El 8088 es internamente un procesador de 16 bits y un bus de datos externo de 8 bits de comunicación entre memoria y periféricos, esto mejora el rendimiento del sistema a un costo muy bajo.

### 4.3.3 Organización de la Memoria. Capacidad de Direcccionamiento

Tiene un bus de direccionamiento de 20 bits de amplitud, lo que le provee la capacidad de direccionar 1 MB de memoria (1,048,576 bytes), direccionados como 0000(H) a FFFF(H).

Sin embargo, el registro de direccionamiento tiene únicamente una amplitud de 16 bits. Esto equivale a 64KB. Este procesador usa un método llamado segmentación para permitir el direccionamiento a todo el millón de bytes de memoria (Fig. 4.4).

ANALISIS DEL SISTEMA

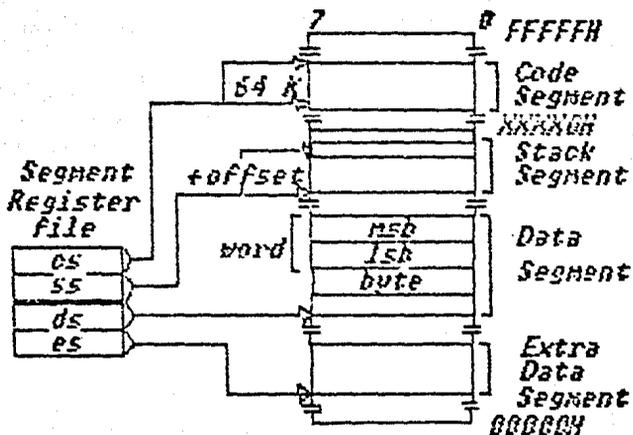


Figura 4.4  
Organización de la memoria

## ANÁLISIS DEL SISTEMA

Mapa de Direccionamiento  
Microprocesador 8088

Rango	Dirección Bit										Dispositivo
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
00-0F	0	0	0	0	0	z	A3	A2	A1	A0	DMA chip 8237-2
20-21	0	0	0	0	1	z	z	z	z	A0	Interrupt 8259A
40-43	0	0	0	1	0	z	z	z	A1	A0	Timer 8253-5
60-63	0	0	0	1	1	z	z	z	A1	A0	PPI 8255-5
80-83	0	0	1	0	0	z	z	z	A1	A0	DMA Page Register
AX	0	0	1	0	1						NMI Mask Register
CX	0	0	1	1	0						Reserved
EX	0	0	1	1	1						Reserved
200-20F	1	0	0	0	0	0	A3	A2	A1	A0	Game I/O adapter
27B-27F	1	0	0	1	1	1	1	z	A1	A0	Reserved
2FB-2FF	1	0	1	1	1	1	1	A2	A1	A0	Reserved
300-307	1	1	0	0	0	0	0	A2	A1	A0	Hard disk I/O Port
37B-37F	1	1	0	1	1	1	1	z	A1	A0	Aux Par Print Port
380-38F	1	1	1	0	1	1	A3	A2	A1	A0	Print port 8 parallel
3D0-3DF	1	1	1	1	0	1	A3	A2	A1	A0	Color/graph. adap.
3F0-3F7	1	1	1	1	1	1	0	A2	A1	A0	5 1/4" drive
3FB-3FF	1	1	1	1	1	1	1	A2	A1	A0	TP RS-232C CD S.P.

NOTA: z No decodificado

Formato: V = INP(i)

Propósito: Regresa el byte leído del puerto de dirección i  
(0 ≤ i ≤ 65535)INP: es la función complementaria para nuestra instrucción  
Un byte es leído de una dirección de un puerto y asignada a una variable.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.3.4 Juego de Registros.

Tiene 14 registros internos de 16 bits. Cada registro tiene su propia característica, aunque varios comparten tareas comunes.

### 4.3.5 Modalidades de Direccionaliento.

Tiene 25 modalidades de direccionamiento diferentes; una modalidad de direccionamiento es un conjunto de reglas que especifican la localización (posición) de un dato usado durante la ejecución de una instrucción.

En la modalidad más sencilla, un dato se localiza en un registro determinado; en la modalidad más compleja, se suma el contenido de dos registros en una cantidad de 2 o 16 bits, que se encuentran en el programa. El resultado de la suma nos indica la dirección del dato.

Dichos modos pueden verse como: Referencia a Registros y Referencia a Memoria.

### 4.3.6 Señales de Reloj

Para un rendimiento óptimo, el BOBS requiere una señal de reloj que se mantenga a tensión alta una tercera parte del tiempo total del ciclo. Esto significa que el reloj está activo una tercera parte del tiempo y desactivado las dos terceras partes del tiempo.

### 4.3.7 Alimentación.

Este microprocesador, requiere una alimentación de 5 volts.

### 4.3.8 Arquitectura Pipeline.

Realiza al mismo tiempo las principales funciones internas de transferencia de datos y búsqueda de instrucciones. Para conseguirlo, constan de dos procesadores interconectados en la misma pieza de silicio. Una unidad está encargada de buscar instrucciones y la otra de ejecutarlas.

Además, la unidad encargada de buscar instrucciones utiliza un método llamado de estructura tubular (pipeline) para almacenar nuevas instrucciones hasta que se necesiten.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.4 INTERFAZ SERIE RS-232

#### 4.4.1 Introducción

Esta es una interfaz diseñada como estándar para tratar de asegurar que exista una compatibilidad entre los diferentes productos de diferentes fabricantes. Es aplicable a la interconexión de equipos terminales de datos (dte), y equipos de comunicación de datos (dce) empleando intercambio serie de datos binarios.

#### 4.4.2 Configuración de la Interfaz.

Incluye trece configuraciones específicas tratando de adecuarse a quince aplicaciones de sistemas definidos. Estas configuraciones son identificadas por su tipo, usando los caracteres alfabéticos de la "a" a la "m" y donde la configuración de circuitos de intercambio será indicada en cada caso por el proveedor.

#### 4.4.3 Velocidades de Transmisión.

Este estándar se utiliza para uso de velocidades de señalización entre cero y el límite superior de 20,000 bits por segundo (bauds).

#### 4.4.4 Señal Común de tierra

Es aplicable para el intercambio de datos, sincronización y señales de control cuando son usados en conjunto con el equipo electrónico, cada una de los cuales tiene una señal de tierra, que puede ser interconectada en el punto de la interfaz. esto no es aplicable cuando se requiere aislamiento entre los lados opuestos.

#### 4.4.5 Comunicación Síncrona y No Síncrona

Se usa en sistema de comunicaciones síncronos y asíncronos.

#### 4.4.6 Tipos de Servicio

Se utiliza para todas las clases de servicios de comunicaciones de datos, incluyendo:

1. Enlaces especiales o servicio de líneas privadas, en dos o cuatro cables. Existen consideraciones dadas para operaciones punto a punto o multipunto.

## ANALISIS DEL SISTEMA

2. Servicio de red conmutada, en dos o cuatro cables. Consideraciones dadas para respuestas automáticas de llamadas; sin embargo, este estándar no incluye todos los intercambios requeridos de circuitos para una conexión automática a un origen.

### 4.4.7 Tipo de Funciones

El conjunto de datos puede incluir señales convertidoras de recepción y transmisión, así como funciones de control. Existen otras funciones, tales como generación de pulsos, control de errores, etc., pueden o no ser implementadas. El equipo que permite estas funciones adicionales puede ser incluido en el equipo terminal de datos o en el equipo de comunicación de datos, o puede ser implantado como una unidad separada interconectada entre los dos.

Cuando tales funciones son implementadas dentro del equipo terminal de datos o el equipo de comunicación de datos, esta interfaz estándar se utilizará sólo en el intercambio de circuitos entre las dos clases de equipos.

### 4.4.8 Modos de Operación

Se maneja en todos los modos de operación provistos bajo los diferentes tipos de interfaz estándar para configuraciones de sistemas de comunicaciones.

### 4.4.9 Características Mecánicas de la Interfaz

La interfaz entre el equipo terminal de datos y el equipo de comunicación de datos debe estar ubicada en un punto tal donde se pueda conectar la señal de la interfaz entre los dos equipos.

El conector hembra debe estar asociado (no necesariamente adherido físicamente) con el equipo de comunicación de datos y estar montado fijamente cerca del equipo terminal de datos.

Es factible emplear una extensión de cable en el equipo de comunicación de datos. Y el equipo terminal de datos debe proveer una extensión de cable con un conector macho. Se recomienda el uso de cables cortos (aproximadamente 15 metros).

## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.4.9.1 Identificación del Pin

La función asignada a cada pin se muestra en la tabla (Tabla 4.2).

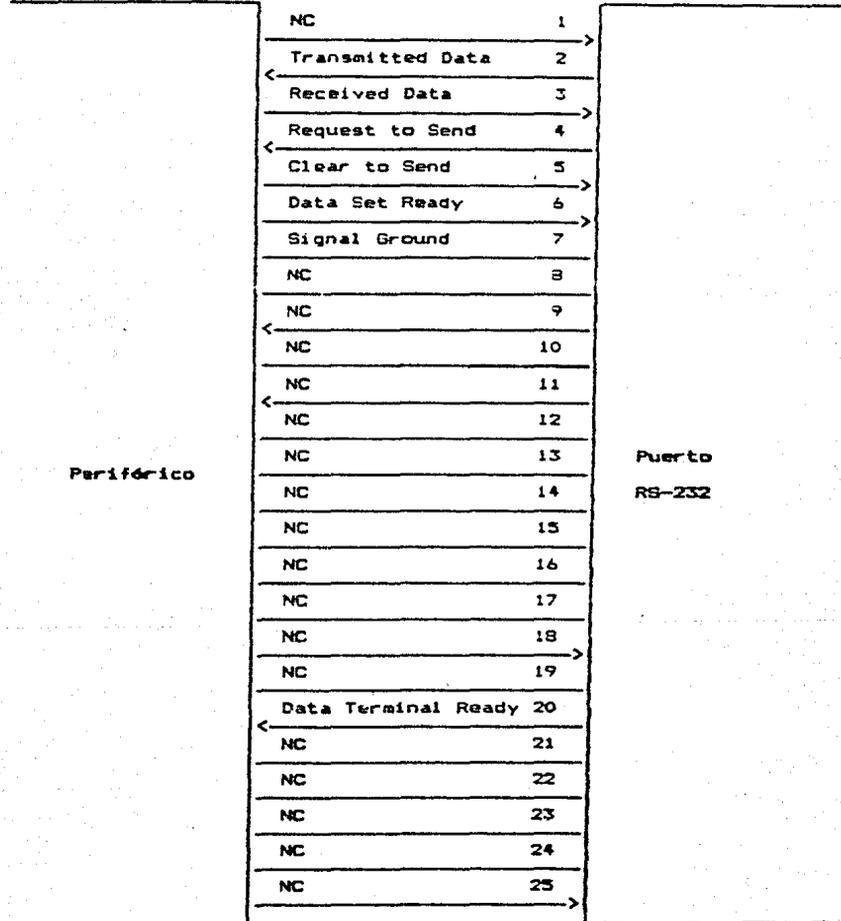
Pin	Función
1	Protective Ground
2	Transmitted Data
3	Received Data
4	Request to Send
5	Clear to Send
6	Data Set Ready
7	Signal Ground (Common Return)
8	Received Line Signal Detector
9	(Reserved for Data set testing)
10	(Reserved for Data set testing)
11	Not Connected
12	Sec. Rec'd Line sig. Detector
13	Sec. Clear to Send
14	Secondary Transmitted Data
15	Transmission Signal Element timing (DCE Source)
16	Secondary Received Data
17	Receiver Signal Element Timing (DCE Source)
18	Not Connected
19	Secondary Request to Send
20	Data Terminal Ready
21	Signal Quality Detector
22	Ring Indicator
23	Data Signal Rate Selector (DTE/DCE Source)
24	Transmit Signal Element Timing (DTE Source)
25	Not Connected

**Tabla 4.2**  
**Pines de la Interfaz R3-232**

Los pines no definidos de preferencia no deben utilizarse.

ANALISIS DEL SISTEMA

Asignación de Pines del Puerto RS-232



## ANALISIS DEL SISTEMA

### 4.5 DISCUSION

A lo largo de la investigación médica se han logrado muchos avances, algunos de los cuales se deben al apoyo que la Ingeniería (computación, electrónica, estadística, etc.) ha dado en esta Área, algunas veces en equipo electrónico y otras en la automatización de procesos.

Es por esto que se tomó este trabajo, para automatizar los procesos de representación de estructuras anatómicas en tercera dimensión. Para realizar este análisis, anteriormente el investigador realizaban los cortes histológicos, a diferentes niveles de 6 micras, cada uno para cuantificar el pigmento observado y área ocupada por él.

Se utilizó un ocular micrométrico de 20 cuadrículas, para obtener el cálculo de la media total del área del pigmento, para cada lote de ranas. Y posteriormente aplicar estadísticas básicas como: media aritmética, desviación estándar y prueba T de Student.

La parte más complicada era la representación de estos en volumen, poder imaginar la localización de los pigmentos dentro de la estructura y la obtención del volumen. Por lo que se observa, ocasionaba grandes errores en la información así obtenida.

Una vez realizados estos cálculos y por simple inspección, el investigador podía decidir que tipo de comportamiento podía estar presentando la estructura, con pigmentos de melanina, ya que el análisis estadístico llevaba mucho tiempo (Cálculo de área de cada pigmento por cada corte).

Ahora gracias a la computación, se cuenta con la automatización y simulación de estos procesos. Con esto se obtiene: un gran ahorro en cuanto a tiempo invertido en el análisis de datos, un aumento considerable en la confiabilidad de los mismos debido a la gran disminución en número de errores durante los procesos de captura y de análisis (por ejemplo, los errores en el cálculo de áreas y volúmenes).

Así mismo, la capacidad del sistema de poder procesar información en línea, le permite al usuario tener un incremento (mayor productividad) en el número de experimentos confiables realizados, lo que trae como consecuencia, una mayor cantidad de información de calidad como apoyo en sus deducciones y conclusiones.

## ANALISIS DEL SISTEMA

Ahora bien, en cuanto a capturas que serán grabadas para posteriormente ser analizadas también presenta ventajas, así como el análisis estadístico e histogramas de comparación de áreas y volúmenes que pueden representar datos estadísticamente significativos, con lo que se puede o no validar la hipótesis planteada.

Resumiendo, el proceso de captura, la representación de estructuras anatómicas en tercera dimensión y el análisis estadístico permite la obtención de resultados más confiables y actualizados, punto que es de gran importancia en las áreas de investigación biomédica.

## ANALISIS DEL SISTEMA

### Bibliografía

1. Christopher L., Morgan y Mitchell, Waite  
Introducción al Microprocesador 8086/8088  
Mc Graw-Hill, México (1984).
2. MPC Operations Guide  
Technical Manual  
Columbia Data Products (1984).
3. Electronic Industries Association RS-232-C  
Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communications  
Equipment Employing Serial Binary Data Interchange (1969).
4. Kreyszig, Erwin  
Introducción a la Estadística Matemática.  
Limusa, México (1982).
5. Bowker H., Albert y Lieberman J., Gerald  
Estadística para Ingenieros.  
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A., México (1985).
6. Miller, Irwin y Freund, John  
Probabilidad y Estadística para Ingenieros  
Reverte, México (1984).
7. Turbo Graphix Toolbox  
Owner's Handbook  
Borland International (1985).
8. Turbo Pascal  
Reference Manual  
Borland International (1985).
9. GW-Basic 2.0  
Reference Manual  
Columbia Data Products (1984).
10. ID Data Tablet/Digitizer  
Users Manual  
Summagraphics Corporation (1979).

## ANALISIS DEL SISTEMA

11. Jallath Coria, Eduardo  
López Pineda, Héctor  
Sandoval Montaño, Laura  
Intercomunicación entre las computadoras VAX ii-780,  
Burroughs 4800 y Apple II plus.  
Tesis Profesional (1985).
12. Micro Systems Components  
Handbook  
Intel (1985).
13. Paul J. Boor and Edward S. Reynolds  
A Simple Planimetric Method for determination of Left  
Ventricular Mass and Necrotic Myocardial Mass in  
Postmortem Hearts  
Departments of Pathology, Harvard Medical School,  
Boston, Massachusetts (1976).
14. M. J. Shantz and G. D. McCann  
Computational Morphology: Three-Dimensional Computer  
Graphics for Electron Microscopy  
California Institute of Technology, Pasadena  
IEEE Transactions on Biomedical Engineering  
January (1978).
15. Sanjib K. Ghosh  
Quantitative Methods Applied to Stereo Imaging  
Department of Photogrammetry, Laval University  
Methods in Cell Biology, Volumen 22 (1981).
16. Gabor T. Herman and Jayaram K. Udupa  
Hospital of the University of Pennsylvania  
Display of 3-D Digital Images:  
Computational Foundations and Medical Applications  
IEEE Computer Society Press, Agosto (1983).
17. Leithold, Louis  
El Cálculo con Geometría Analítica  
Harla, S.A. (1973).
18. Hwei P. Hsu  
Análisis Vectorial  
Fondo Educativo Interamericano, S.A.

## ANALISIS DEL SISTEMA

19. Apuntes de Algebra  
Facultad de Ingenieria, U.N.A.M. (1976).
20. Steven Harrington  
Computer Graphics. A programming Approach  
Mcgraw-Hill International Book Company
21. Luth-Rodolfo, Olivera-Antonio y Schutz-Fernando  
Metodos Numericos  
Ed. Limusa (1982).
22. Vacroux, Andre  
Microcomputers  
Scientific American  
Mayo, 1975.

## CAPITULO 5

### RESULTADOS

Este capítulo presenta en una primera parte la guía de usuario del sistema y en la segunda, una serie de resultados obtenidos sobre diferentes estructuras anatómicas de vísceras de ranas.

Se muestra la representación de estructuras anatómicas rotadas y escaladas. Un análisis estadístico sobre las áreas de cortes y zonas de interés, así como volúmenes de las estructuras y de los pigmentos.

#### 5.1 GUIA DE USUARIO.

Antes de comenzar ésta se presentan ciertas convenciones:

1. Las palabras remarcadas representan repuestas que el usuario deberá proporcionar y las no remarcadas son las que la microcomputadora proporciona.
2. La palabra RETURN equivale a oprimir la tecla denominada RETURN o bien ← en la microcomputadora.

#### NOTA:

Cada vez que el usuario de una respuesta, al finalizar ésta deberá oprimir la tecla RETURN para que la microcomputadora ejecute la acción a realizar.

##### 5.1.1 SAER

Todos los programas que conforman el Sistema de Representación de Estructuras Anatómicas en Tercera Dimensión estarán almacenados en un disco flexible, éste se puede colocar en cualquiera de los manejadores de disco.

Este sistema se puede ejecutar de dos formas:

1. Cargar el Sistema Operativo (MS-DOS) y ejecutar el sistema de la siguiente forma:

A> SAER

## RESULTADOS

2. Colocar el disco en el manejador A y encender la máquina, con lo que se carga automáticamente el Sistema Operativo y se ejecuta el sistema.

Al comenzar la ejecución del sistema aparecerá la pantalla de presentación del sistema y a continuación despliega el menú principal del mismo (Fig. 5.1).

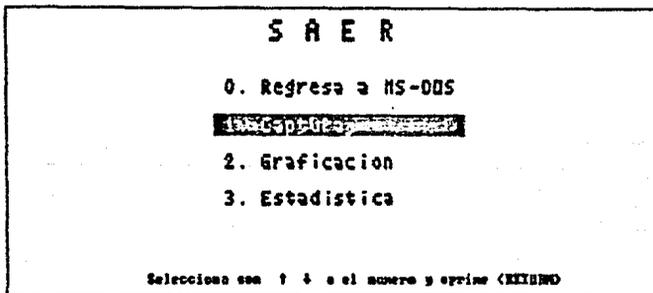


Figura 5.1  
Arriba: Presentación del sistema  
Abajo: Menú Principal del Sistema

A continuación se describe cada uno de los módulos del sistema:

## RESULTADOS

### 3.1.1.1 Módulo de Captura

Para realizar una captura, primero se deben hacer las conexiones necesarias entre la digitalizadora y la microcomputadora. Un diagrama de conexiones se muestra en el Capítulo 4.

Se coloca el proyector de laminillas a una distancia adecuada para que proyecte el corte histológico completo sobre la tableta digitalizadora. La distancia entre el proyector y la digitalizadora deberá ser siempre la misma para una estructura anatómica, esto es, para conservar la escala en todos sus cortes.

Una vez realizadas estas conexiones, se procede a seleccionar el módulo de captura, seleccionándolo con las flecha del teclado (a mano derecha) o bien a través del número asignado a este módulo (para este caso el número 1).

En la figura 3.1 se ve como ya está seleccionado el módulo de Captura, en este momento el usuario deberá dar RETURN con lo que aparecerá la siguiente pantalla (Fig. 3.2).

<b>C A P T U R A</b>
<u>Instrucciones</u>
1.- Conectar la interfaz RS232 a la microcomputadora
2.- El Digitalizador debe estar en modo de operación POINT
3.- Colocar la imagen dentro del sistema de referencia
4.- Capturar las coordenadas en sentido contrario a las manecillas del reloj
< RETURN >

Figura 3.2  
Instrucciones para la Captura

Al terminar de leer las instrucciones el usuario, oprime la tecla RETURN y aparece una pantalla donde se pregunta si desea capturar (respondiendo S o N, según el caso). Si se respondió que no, se regresa al menú principal para la selección de otra opción, si la respuesta fué sí, entonces se muestra una pantalla como la siguientes:

RESULTADOS

CAPTURA

Deseas capturar (S / N) ? S

CAPTURA

Convenciones de Captura

A Corte Histológico  
B Zona Interna  
C Fin de Estructura  
E Error, coianza de nuevo

Nombre del Archivo:  
Para una estructura: ? PULMON

Coordenada Zi

Figura 5.3  
Pantalla de Captura

i. Las convenciones de captura para digitalizar son:

- \* Para un corte, seleccionar con el cursor la letra A de la tableta digitalizadora (cuadro de comandos, parte inferior izquierda de la misma).
- \* Para una zona de interés, seleccionar la letra B del mismo cuadro.
- \* Para marcar fin de la captura de una estructura, con la letra C.

## RESULTADOS

• Para marcar error en la captura y comenzar de nuevo con ese corte (no se toma en cuenta ningún dato marcado de ese corte), con la letra E.

NOTA: La letras de las que se hace mención son las presentadas en el cuadro de comandos de la tableta digitalizadora.

2. Proporcionar el nombre del archivo asignado a la estructura a capturar. Este nombre no debe ser mayor de 8 caracteres y no se le pone extensión (Ej. .dat, .lis, .com, etc.).
3. Sólo al inicio de la captura de un corte se pregunta por la coordenada Z de ésta.
4. Se presenta un cuadro que representa la pantalla del display del digitalizador, en la que se irán mostrando todas las coordenadas que van siendo marcadas de las superficies.

Una vez que se tomaron en cuenta todas las instrucciones mencionadas, que se proporcionaron los datos pedidos y que se tiene la proyección del corte sobre la tableta digitalizadora, se procede a la captura de las coordenadas de la superficie.

La captura de las superficies se logra presionando la pluma contra la tableta digitalizadora, marcando toda la superficie a capturar (coordenadas X,Y). O bien, la captura también se puede realizar con el cursor, llevando a cabo el mismo procedimiento.

Estos datos capturados se almacenan en otro disco para constituir la entrada a los siguientes módulos (graficación y estadística).

NOTA: Se recomienda tener un disco con el sistema y otro disco para almacenar los datos de las estructuras.

Al terminar de capturar, regresa de nuevo al menú principal.

### 5.1.1.2 Módulo de Graficación.

Este módulo está constituido por cuatro submódulos que permiten la representación gráfica de los cortes histológicos y de las estructuras anatómicas. Al seleccionar este módulo con las flechas del teclado o el número asignado a él (2). Se muestra la pantalla:

1

---

Consultar Digitalizadores ( Apéndice C).

RESULTADOS

**S A E R**

0. Regresa a MS-DOS  
1. Captura  
~~2. Graficacion~~  
3. Estadística

Selecciona con ↑ ↓ o el numero y oprime (RETURN)

**Graficacion**

Fin del Modulo  
~~0. Regresar a Menu~~  
Estructura Anatomica  
Cortes y Estructura  
Graficas Almacenadas

Selecciona con ↑ ↓ y oprime (RETURN)

Figura 5.4  
Antes Selección del módulo de graficación  
Abajo: Menú del Módulo de Graficación

Para cualquiera de estos submódulos se pedirá el nombre del archivo con el que se desea trabajar (nombre con el que se capturaron las coordenadas de la estructura en estudio), así mismo, el título de la gráfica a ser mostrada (éste puede ser hasta de 30 caracteres).

## RESULTADOS

<b>Gráficacion</b>
Nombre del archivo que contiene a la estructura anatómica ? por
Título de la grafica referida a la estructura ? CORTE HIST. de EDNA H.

Figura 5.5  
Pantalla para proporcionar nombres de archivo y título

Este título aparecerá centrado, en un fondo oscuro hasta arriba de la gráfica mostrada. Este también puede ser omitido, con sólo dar RETURN al pedirlo. Todos los nombres de los archivos no pueden exceder de más de ocho caracteres.

En cada uno de los submódulos, existe la opción de FIN, para regresar al último menú utilizado por si el usuario se equivocó al posicionarse, o bien si ya terminó de usar ese menú. También existen una serie de opciones que aparecerán en la parte inferior de la pantalla, cuando se desplieguen las gráficas (Fig. 5.6).

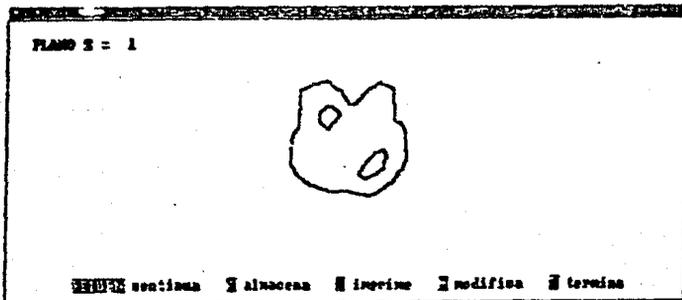


Figura 5.6  
Ejemplo de una gráfica

## RESULTADOS

- \* **RETURN.-** Con oprimir esta tecla, podremos continuar viendo las gráficas mostradas en ese submódulo.
- \* **Almacena.-** Con sólo oprimir la tecla A, se almacenará la gráfica mostrada en ese momento, para lo cual pedirá un nombre de archivo con el que se almacena. Este nombre nos servirá más adelante para revisar de nuevo la gráfica, sin tener que generarla de nuevo. Después de almacenarla se queda allí mismo, mostrando la gráfica.
- \* **Imprime.-** Con la letra I, se manda a imprimir de la gráfica mostrada en ese momento, debiendo para esto tener la impresora conectada a la microcomputadora y estando en línea (ON LINE). Al terminar de imprimir la gráfica en papel, permanece allí mismo.
- \* **Modifica.-** Al teclear la letra M, podemos modificar la escala o rotar la estructura anatómica. Para lo cual, si se trata de escala se desplegará dos letreros pidiendo las nuevas escalas y si es para rotar la figura se despliega un menú mostrando los posibles cambios sobre los ejes (ángulos). Al terminar de proporcionar las nuevas modificaciones muestra en pantalla la gráfica modificada, junto con la estructura original. (Fig. 5.7 y 5.8)
- \* **Termina.-** Con oprimir la letra T, terminamos ese submódulo, regresandonos al menú principal.

A continuación se describe cada uno de los submódulos a seleccionar:

## RESULTADOS

### Corte Histológico

Una vez que este módulo fue seleccionado (Fig. 5.4), se muestra un menú, con el cual se puede seleccionar:

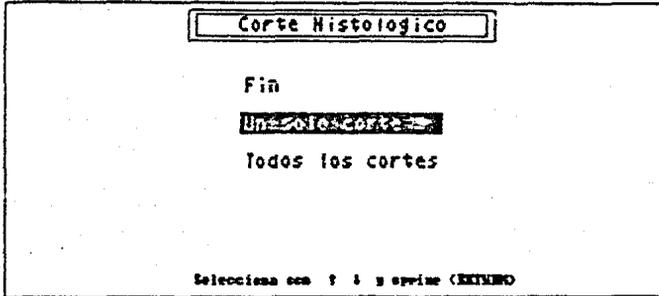


Figura 5.7  
Menú para Corte Histológico

1. Un solo corte.- Si se selecciona como en la figura anterior, se debe proporcionar la coordenada Z del corte que se desea ver, con lo que busca en el archivo que se le indicó y se despliega la gráfica del corte con sus pigmentos.



## RESULTADOS

2. Todos los cortes.- Esta sección se selecciona como en la figura anterior y se muestran todos los cortes de la estructura, uno por uno, mostrando el plano Z al que están asignados.

### *Estructura Anatómica*

Para este submódulo, se presenta la estructura completa a una determinada escala y con cierta rotación. Pero el usuario puede cambiar la escala y/o la rotación de la figura.

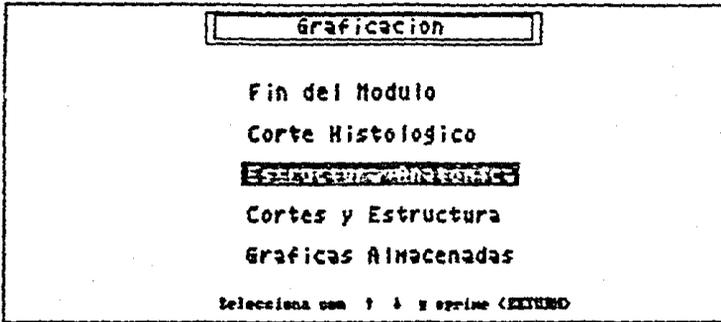
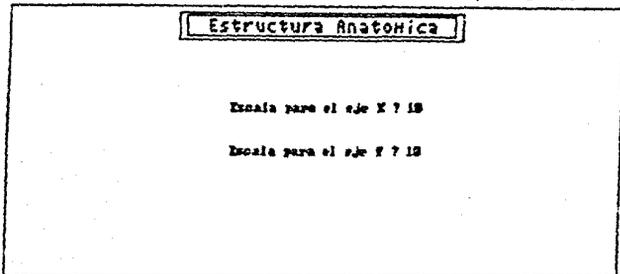


Figura 5.8  
*Arriba:* Selección del submódulo  
*Abajo:* Menú de modificaciones sobre la estructura

## RESULTADOS

Para modificar la escala se pide la escala para el eje X y Y. Se verifica que estas no excedan los límites de la pantalla.



Estructura Anatomica

Escala para el eje X ? 18

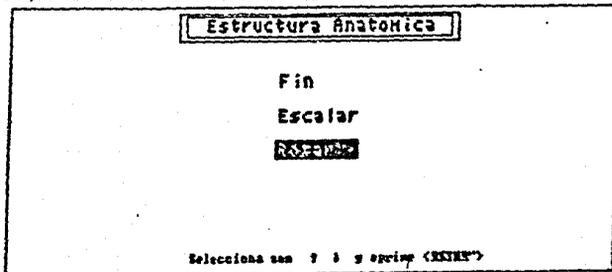
Escala para el eje Y ? 18

Figura 5.9  
Pantalla para proporcionar las nuevas escalas

Para rotar la figura se pide alguno o todos los ángulos (en grados), los cuales son:

- \* Elevación
- \* Declinación
- \* Giro

Para saber como se va a rotar la estructura al modificar alguno de estos ángulos, referirse al Capítulo 4, donde se muestra la teoría sobre la que se basa la rotación de la estructura.



Estructura Anatomica

Fin

Escalar

**Rotar**

Selección con ? y escriba <ENTER>

Figura 5.10  
Selección del submódulo para rotar la estructura

RESULTADOS

Estructura Anatómica	
	Fin
	<b>Eje X</b>
	Eje Y
	Eje Z
	Todos
Selecciona con ↑ ↓ y oprime <RETURNO	

Estructura Anatómica	
	Fin
Angulo de Elevacion? 45	Eje X
Angulo de Declinacion? 45	Eje Y
Angulo de Giro? 180	Eje Z
	<b>Todos</b>
Selecciona con ↑ ↓ y oprime <RETURNO	

Figura 5.11

Menú para elegir los ángulos de rotación de la estructura

*Arriba* Un sólo ángulo.  
*Abajo* Todos los ángulos

Una vez que se modificaron las escalas y/o los ángulos se muestra la nueva gráfica en pantalla, para hacerle las modificaciones que sean necesarias a gusto del usuario.

## RESULTADOS

### *Cortes y Estructura*

El módulo se selecciona de la siguiente formas:

<b>Graficación</b>
Fin del Modulo
Corte Histológico
Estructura Anatómica
<del>Cortes y Estructura</del>
Graficas Almacenadas
Selecciona con <b>F4</b> y oprime <b>ENTRADA</b>

Figura 5.12  
Selección del submódulo

Aquí se muestra, tanto la estructura anatómica, como cada uno de los cortes de la misma. Los cortes se muestran, cuando el usuario proporciona el número del plano que desea ver.

### *Graficas Almacenadas*

En este submódulo se muestran las gráficas que fueron almacenadas anteriormente en cualquiera de los otros submódulos, con solo proporcionar el nombre del archivo con el que se almacenó.

Este trabaja como si se estuvieran ejecutando los submódulos de Corte Histológico y el de Estructura Anatómica.

<b>Graficación</b>
Fin del Modulo
Corte Histológico
Estructura Anatómica
Cortes y Estructura
<del>Graficas Almacenadas</del>
Selecciona con <b>F4</b> y oprime <b>ENTRADA</b>

## RESULTADOS

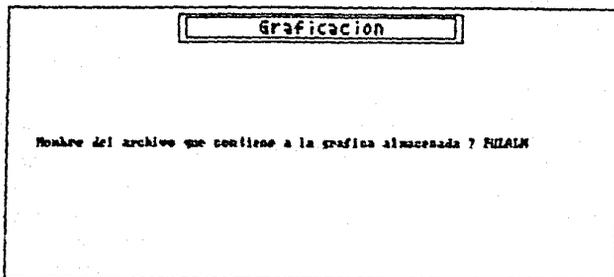


Figura 5.13  
*Analisis* Selección del submódulo  
*Abajos* Pantalla para proporcionar nombre del archivo

### 5.1.1.3 Análisis Estadístico

Este módulo consta de tres submódulos que permiten el análisis estadístico de cualquiera de las estructuras capturadas, después de haber calculado áreas o volúmenes de ella. Para esto se debe proporcionar el nombre del archivo con el que se va a trabajar. Para la selección de este módulo es con el número 3 o posicionándose con las flechas:

La teoría sobre el cálculo de áreas y volúmenes, así como del análisis estadístico se muestra en el Capítulo 4.

A continuación se muestra el menú para este módulo y cada uno de sus submódulos:

RESULTADOS

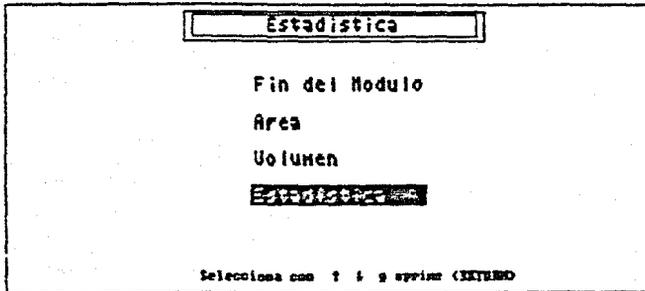


Figura 5.14  
Selección del módulo  
Menú de opciones del módulo de Estadística

*Área*

En este submódulo se lleva a cabo el cálculo de área por corte histológico, para su posterior análisis estadístico.

Este submódulo es seleccionado como se muestra en la figura 5.14, con lo cual aparecerá una pantalla donde se pide el nombre del archivo con el que se va a trabajar y el nombre del archivo donde se va a almacenar las áreas calculadas.

## RESULTADOS

Una vez proporcionados estos nombres, se muestra un menú en el que se puede elegir, si es sobre un corte en especial (se requiere el número del plano) o es sobre todos los cortes histológicos que conforman la estructura (Fig. 5.15).

The image shows two screenshots of a software interface. The top screenshot is titled 'Estadística' and contains two prompts: 'Nombre del archivo que contiene a la estructura anatomica ? OCI' and 'Nombre del archivo para almacenar los calculos ? ALMACAL'. The bottom screenshot is titled 'Área' and contains the text 'Fin', 'Un solo corte', and 'Todos los cortes'. At the bottom of this screenshot, it says 'Selecciona con ↑ ↓ y oprime (EXITAR)'.

Figura 5.15  
Arriba: Pantalla para proporcionar los nombres de los archivos  
Abajo: Menú de opciones para el submódulo de área

Ya que fué seleccionado cualquiera de los submódulos, aparece otro menú donde se selecciona si el cálculo de área es sobre las zonas de interés (pigmentos) únicamente o sobre el corte histológico sin tomar en cuenta las zonas de interés (Fig 5.17).

## RESULTADOS

Al seleccionar cualquiera de estas opciones aparece el cálculo del área.

En la parte inferior de la pantalla se presentan 3 comandos a ejecutar (Fig. 5.16):

**Almacena.-** Con sólo dar la letra A, se guarda en un archivo las áreas calculadas de la estructura anatómica para un posterior estudio sobre ellas.

**IMPRIME.-** Con la letra I, imprime en el papel las áreas calculadas, dejando presente las áreas calculadas en la pantalla.

**RETURN.-** Con esta tecla, se regresa al menú del módulo de estadística.

AREA			
Plano:	1.0	Área:	37.75
Plano:	2.0	Área:	26.43
Plano:	3.0	Área:	76.0

RETURN continua     Almacena     Imprime

Figura 5.16  
Ejemplo de como se muestran los calculos de area

**Recomendación:** Como las áreas van a quedar almacenadas en un mismo archivo, el usuario debe tener cuidado que las áreas calculadas sean por corte o por estructura para que el análisis estadístico no arroje datos erróneos.

## RESULTADOS

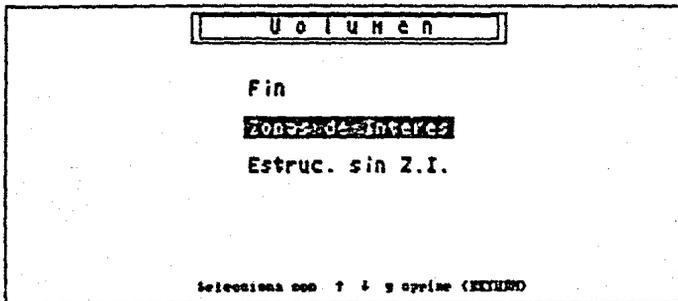
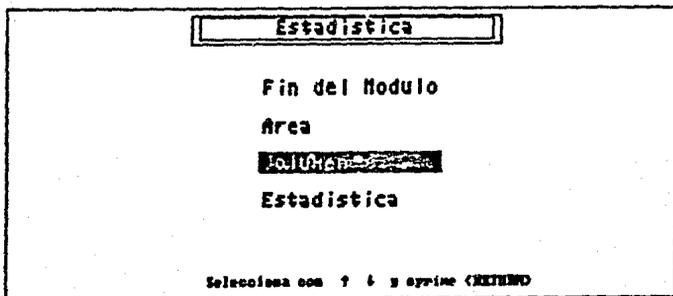


Figura 5.18  
Menú para tipo de cálculo de área

### Volumen

En este submódulo se elabora el cálculo de volumen por estructura anatómica, para su posterior análisis estadístico.

Al seleccionar este submódulo, aparece una pantalla para seleccionar el nombre del archivo con el que se van a almacenar los cálculos de los volúmenes (Fig. 5.18). Una vez proporcionado, se muestra un menú para elegir el tipo de cálculo de volumen sobre el que se va a trabajar, si es sobre las zonas de interés (pigmentos) o sobre la estructura sin zonas de interés (Fig. 5.19).



## RESULTADOS

Estadística

Nombre del archivo para almacenar los cálculos ? **ALBOL**

Figura 5.18

*Arriba:* Selección del submódulo  
*Abajo:* Pantalla para proporcionar el nombre del archivo

Al seleccionar cualquiera de estas opciones aparece el cálculo del volumen.

Una vez que se muestre el volumen, pide otro nombre de archivo que contenga datos de otra estructura anatómica para almacenarlos todos en el archivo para su análisis estadístico.

Este submódulo contiene los mismos comandos y recomendaciones que el submódulo de Área.

Volumen

Fin

Zonas de Interés

Estructura Anatómica

Selecciona con ↑ ↓ y oprime <ENTER>

Figura 5.19  
Menú para tipo de cálculo de volumen

## RESULTADOS

### *Statistica*

Para este submódulo, se necesita ya haber calculado áreas o volúmenes, con los cuales se va a llevar a cabo el análisis estadístico de los cortes o estructuras.

En éste existen tres tipos de análisis para áreas o volúmenes, que se presentan en un menú para que el usuario pueda elegir cualquiera de ellos. En cada uno de ellos se tienen dos comandos:

**Imprime.**- Con la letra **I** se manda a imprimir los resultados obtenidos en la pantalla.

**RETURN.**- Con la tecla **RETURN** continua el envío de resultados a pantalla hasta terminar y regresar al menú.

<p><b>S A E R</b></p> <p>0. Regresa a MS-DOS</p> <p>1. Captura</p> <p>2. Graficacion</p> <p><b>Statistica</b></p> <p>Selección con <b>F1</b> a el numero y oprime <b>RETURN</b></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Figura 5.20  
Selección del submódulo

Una vez seleccionado, aparece una pantalla en donde se pide el nombre del archivo donde se almacenaron los calculos de áreas.

## RESULTADOS

Estadística

Nombre del archivo que contiene los cálculos almacenados ? ALMCEL

Figura 5.21  
Nombre del archivo con datos almacenados

Inmediatamente, se muestra un menú para la selección del tipo de estadística que el usuario desea.

Estadística

Fin

~~Cálculos~~

Prueba t

Prueba Xi

Selección con F4 y escriba CERRAR

Figura 5.22  
Menú de opciones

La teoría en la que se basa cada uno de estas opciones del menú se encuentra en el Capítulo 4.

## RESULTADOS

Una vez que se terminó de utilizar el sistema SAER, se regresa al menú principal y salimos de él con la opción "Regresa a MS-DOS". Con esto se retorna al sistema operativo, pudiendo realizar comandos de éste (Fig. 5.21).

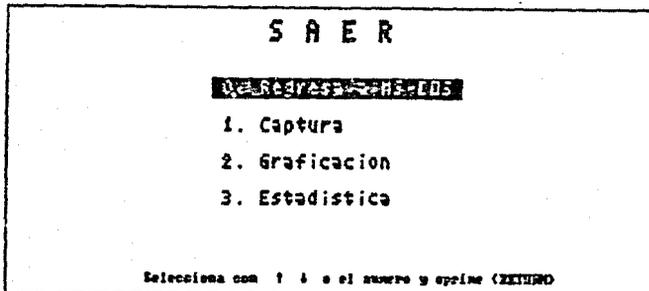


Figura 5.21  
Selección de la opción: Fin del sistema SAER

### 5.2 Ejemplos

Los ejemplos que a continuación se presentan fueron tomados una serie de vísceras de ranas, provistas de pigmentos de melanina que se mantuvieron en experimentación. La teoría sobre pigmentos de melanina ya se trató en el Capítulo 2.

Para cada uno de los ejemplos se presentan las gráficas y el análisis estadístico para las estructuras. Estos ejemplos se presentan intentando cubrir todas las opciones que presenta el sistema (Cambio de escala, rotaciones, diferentes opciones de los menús del sistema, etc.).

## RESULTADOS

En este ejemplo se presentan los resultados del análisis de los pigmentos en vísceras de ranas *Montezumae*.

Para observar el comportamiento de los pigmentos se trabaja con 2 lotes de ranas, uno experimental y otro testigo. Al lote experimental se le coloca a temperatura baja ( $5^{\circ}\text{C}$ ) y al testigo se le mantiene en condiciones ambientales normales. Con esto se puede observar el cambio en los pigmentos de melanina que sufrieron las ranas experimentales con respecto a las testigo.

Vamos a trabajar para este caso con el pulmón de una rana experimental con acumulos de melanina.

En la figura 5.22, se muestra la representación de 15 cortes histológicos seleccionados de 400 cortes en que fué seccionado el pulmón de la rana. Esta gráfica esta trasladada al centro de la pantalla, con una escala ya definida y con ángulos de rotación respecto al observador de: elevación =  $45^{\circ}$ , declinación =  $45^{\circ}$  y giro =  $180^{\circ}$ . De esta forma se muestra por primera vez todas las representaciones de las estructuras anatómicas.

La figura 5.23 muestra la misma gráfica, con la misma escala pero con ángulos de rotación de: elevación =  $45^{\circ}$ , declinación =  $30^{\circ}$ , giro =  $180^{\circ}$ . La figura 5.24 con los ángulos de rotación:  $30^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $190^{\circ}$  respectivamente y la figura 5.25 con:  $45^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $360^{\circ}$ .

Al mostrar la gráfica, se pueden hacer modificaciones sobre ella, como se muestra en la figura 5.26, con un cambio de escala = 4 para ambos ejes, los ángulos de rotación permanecen igual.

O bien, se puede modificar la escala = 3.5 y los ángulos de rotación:  $45^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $190^{\circ}$  respectivamente (fig. 5.27).

También se puede seleccionar un sólo corte de la estructura como se muestra en la figura 5.28.

De la misma forma, se puede seleccionar las gráficas de la estructura con cada uno de sus cortes, como se observa en la figura 5.29.

Una vez mostradas las representaciones de las estructuras y cortes histológicos, se procede al cálculo de áreas y volúmenes.

## RESULTADOS

Existen varias opciones, una de ellas es el cálculo de todos los pigmentos por corte y muestre el cálculo de su área para todos los ellos, como en la figura 5.30. De la misma manera, se puede obtener el cálculo del área de todo el corte histológico sin considerar los pigmentos de un sólo corte o de todos los cortes (fig. 5.31).

Por último se obtiene el cálculo del volumen de todos los pigmentos o de toda la estructura sin tomar en cuenta los pigmentos, esto se observa en la figura 5.32.

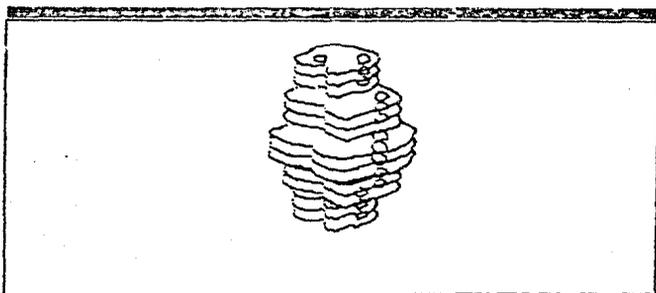


Figura 5.22

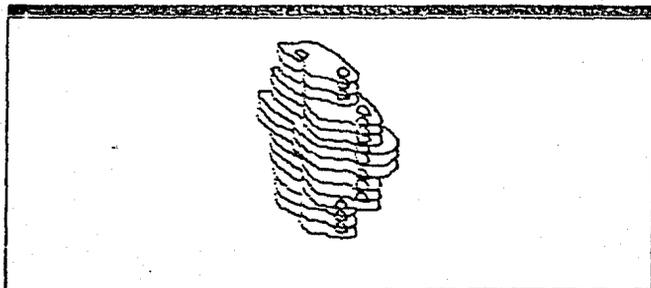


Figura 5.23

RESULTADOS

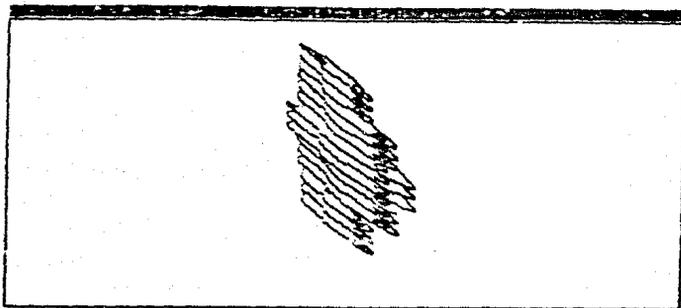


Figura 5.24

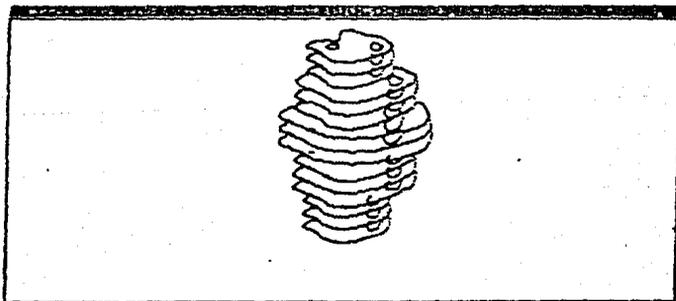


Figura 5.25

RESULTADOS

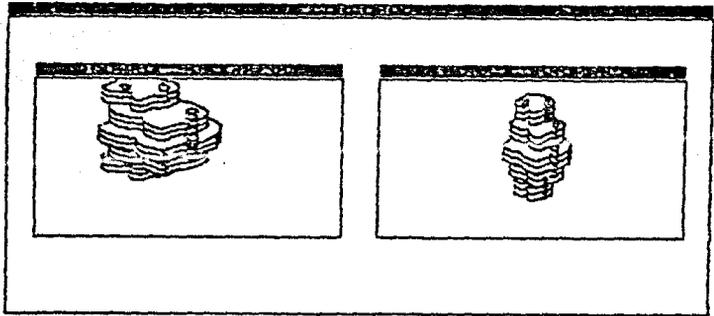


Figura 5.26

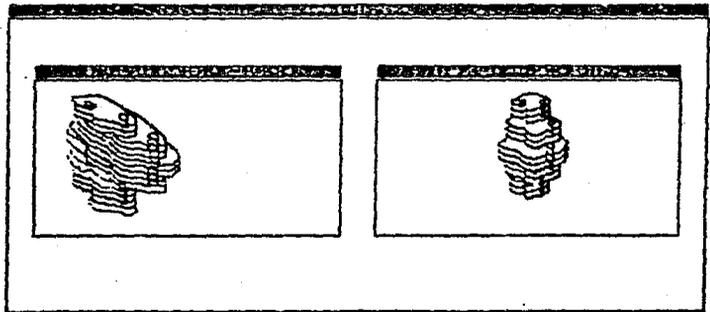


Figura 5.27

RESULTADOS

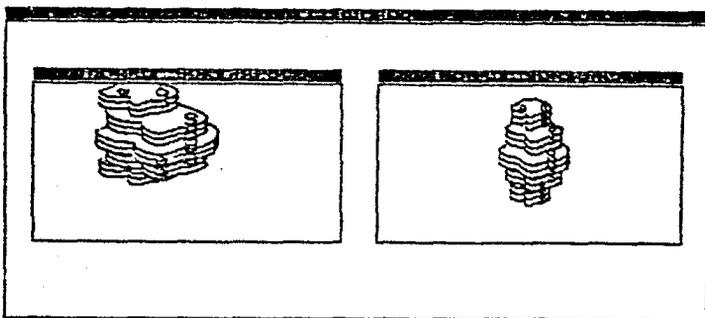


Figura 5.26

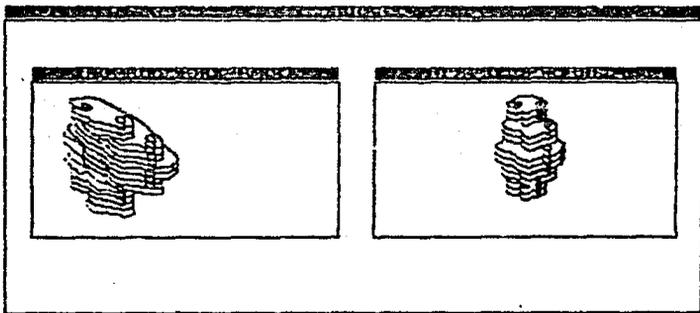


Figura 5.27

RESULTADOS

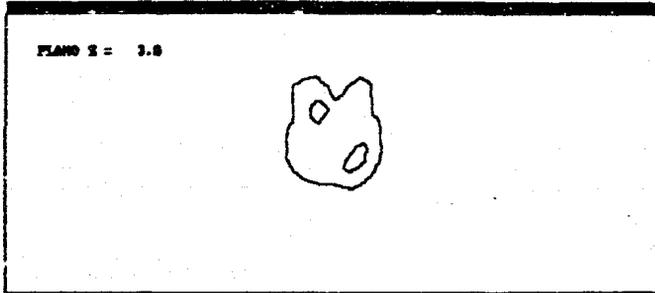


Figura 5.28

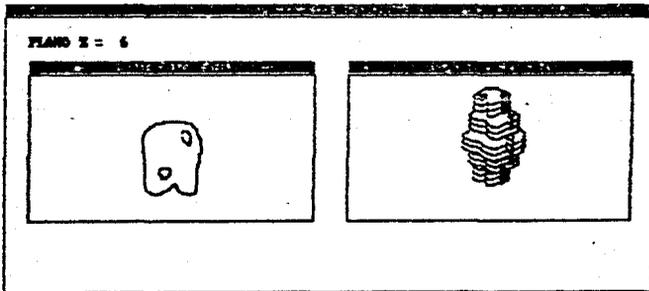


Figura 5.29

RESULTADOS

AREA			
Plano:	1.0	Area:	39.75
Plano:	2.0	Area:	39.75
Plano:	3.0	Area:	42.75
Plano:	4.0	Area:	48.75
Plano:	5.0	Area:	48.75
Plano:	6.0	Area:	78.75
Plano:	7.0	Area:	78.75
Plano:	8.0	Area:	78.75
Plano:	9.0	Area:	78.75
Plano:	10.0	Area:	78.75
Plano:	11.0	Area:	78.75
Plano:	12.0	Area:	78.75
Plano:	13.0	Area:	78.75
Plano:	14.0	Area:	78.75
Plano:	15.0	Area:	78.75

Figura 5.30

AREA			
PLANO: 1.0			
Area calculada: 688.68			
AREA			
Plano:	1.0	Area:	688.68
Plano:	2.0	Area:	688.68
Plano:	3.0	Area:	688.68
Plano:	4.0	Area:	1129.75
Plano:	5.0	Area:	1129.75
Plano:	6.0	Area:	1129.75
Plano:	7.0	Area:	1129.75
Plano:	8.0	Area:	1129.75
Plano:	9.0	Area:	1129.75
Plano:	10.0	Area:	1129.75
Plano:	11.0	Area:	1129.75
Plano:	12.0	Area:	1129.75
Plano:	13.0	Area:	1129.75
Plano:	14.0	Area:	1129.75
Plano:	15.0	Area:	688.68

Figura 5.31

RESULTADOS

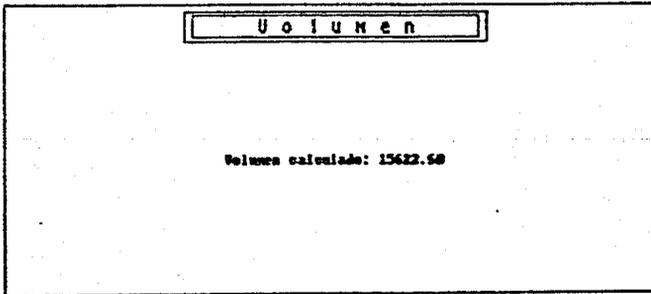
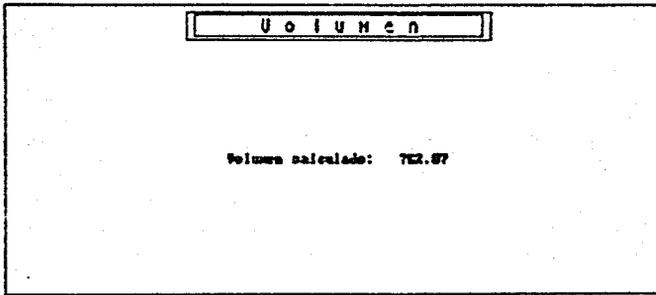


Figura 5.32  
*Arriba:* Volumen de Pigmentos  
*Abajo:* Volumen de la estructura sin pigmentos

## CAPITULO 6

### CONCLUSIONES

#### 6.1 EVALUACION DEL SISTEMA

En el campo de las neurociencias, cada herramienta de análisis que permita la extracción de información significativa sobre el comportamiento morfológico y fisiológico de pigmentos de melanina, representa una fuente de datos que servirán para apoyar teorías ya existentes o bien para dar pauta a nuevas deducciones y teorías.

Tanto las gráficas bidimensionales de cortes histológicos y tridimensionales de estructuras anatómicas como el análisis estadístico proporcionan información útil sobre el comportamiento de una vía fisiológica específica de los pigmentos melánicos. Esta información puede revelar cambios, dependiendo de las condiciones particulares del experimento sobre la estructura en estudio.

Durante los experimentos analizados con el sistema desarrollado en este trabajo se observaron cambios al trabajar con inyecciones de melatonina pura y al someter a las estructuras a diferentes temperaturas (ver ejemplos en el Capítulo 5).

El sistema de análisis no sólo proporciona, a través de los histogramas de comparación de áreas y volúmenes, información cuantificable sobre lo que sucede con el comportamiento morfológico y fisiológico, sino que también realiza el análisis de relación entre estos permitiendo proponer posibles funciones a los pigmentos melánicos.

Esto se lleva a cabo ajustando esta función a que semeje mejor el comportamiento de los pigmentos melánicos, con lo cual se obtiene nueva información útil para el planteamiento de algún modelo teórico de comportamiento.

Las herramientas utilizadas en este trabajo, las gráficas

## CONCLUSIONES

bidimensionales y tridimensionales, sirven muy bien en algunas condiciones pero en otras no, esto sugiere la no individualidad de estas pruebas. El uso de cualquiera de estas gráficas, por sí solas para la deducción de resultados resulta no cuantificable estadísticamente debido a que con ellas se llegaría a conclusiones más bien empíricas.

Su gran valía va acompañada indudablemente por el uso de herramientas extras (que mientras más relacionadas estén entre sí darán resultados más concretos) de análisis como lo constituyen por ejemplo, el análisis estadístico. Estas si se conjuntan de la mejor manera, pueden resultar una herramienta de análisis más completa.

De los resultados presentados en este trabajo se pueden obtener las siguientes conclusiones:

### 6.1.1 Papel de la Ingeniería en estudios morfológicos

La Ingeniería a través del equipo electrónico, así como del desarrollo de sistemas (Software) tiene una gran influencia en la investigación científica, en particular en el campo de las neurociencias debido principalmente a la capacidad de procesamiento de datos en línea.

Sin embargo, hasta el momento se había descuidado un tanto, el apoyo gráfico y estadístico para el análisis morfológico de las estructuras anatómicas, sobretodo por la complejidad que este tipo de análisis representaba.

El sistema en este trabajo desarrollado pretende, además de proporcionar la capacidad de procesamiento de información en tiempo real o pregrabada, el brindar una herramienta de análisis que hasta el momento había sido ignorada, debido a las razones antes mencionadas. Además con esto se permite una gran condensación de información desplegada en forma gráfica para una mejor visualización de los fenómenos morfológicos y fisiológicos.

### 6.1.2. Sistema Desarrollado

El sistema desarrollado presenta las siguientes ventajas:

1. Tiene la capacidad de procesar información en línea y pregrabada, lo que da una gran versatilidad.
2. Se realizó en base a módulos (siguiendo las técnicas de la programación estructurada) con lo que se obtiene mayor claridad en la programación, fácil mantenimiento y por lo

## CONCLUSIONES

tanto una mayor vida útil del sistema.

3. Filtrado de información y chequeo de errores en todos los niveles.
4. Despliegue gráfico a nivel monitor, impresora o graficador.
5. Almacenamiento de la información para su posterior procesamiento o graficación.
6. Gran claridad de manejo del sistema, cualquier usuario puede hacer uso del sistema ya que su manejo es a base de menús. Además de contar con documentación externa, esto es, un manual de usuario, donde se explica todo el proceso a realizar.
7. Claridad en la programación, documentación en módulos y rutinas de acuerdo al papel que desarrollan.
8. Transportable, el sistema se diseñó para que su transporte a otro sistema provoque el mínimo de cambios.
9. Organización de la información por estructura anatómica.

### 6.1.3 Análisis Morfológico y Fisiológico desarrollado.

El estudio realizado con el sistema desarrollado en este trabajo permitió llegar a las siguientes conclusiones:

1. La presencia en las vísceras de pigmentos de melanina en *Rana montezumae*, indica que son constituyentes permanentes en estado normal y probablemente tengan una función determinada en relación con el metabolismo del tejido que los contiene.
2. Se localizó los sitios en los que generalmente se encuentran los pigmentos de melanina. Estos son: pulmón, bazo, pericardio, encefalo, meninges, mesenterio, hígado, ovario, músculos y vasos sanguíneos.
3. Los pigmentos de melanina están involucrados en la homeotermia en animales poiquilotermos o de termorregulación y posiblemente estos pigmentos actúen como un sustrato celular que se degrada en compuestos más simples como péptidos y aminoácidos, que constituyen a la melanina.

Este fenómeno aporta energía celular que puede ser calórica, puesto que las células a bajas temperaturas bajan su umbral nervioso (en casos de stress).

4. Se encontró que la concentración de 0.05 gr/ml de hormona melatonina, tiene el efecto fisiológico de agregación del pigmento a corto plazo, que se conoce también en melánoforos

## CONCLUSIONES

de la piel de anfibios.

5. No se detectó ninguna alteración morfológica en la viscera con el tratamiento hormonal para ninguno de los sexos de la rana.
6. Se piensa que la melatonina actúa como inhibidor de despolarización nerviosa y los potenciales más altos para efectuar este disparo están disponibles cerca de la despolarización del axón en las neuronas. También se localiza en el axón la neuromelanina.

Es importante conocer la función de estos pigmentos melánicos, en las ranas Montezumae y bajo condiciones de experimentación, pues nos ayudan a definir cuales son los factores que afectan su funcionamiento y a conocer los requerimientos de estos pigmentos, así como el papel de éstos en algunos sitios del sistema nervioso del humano.

Para poder explicar la disminución en la enfermedad de Parkinson y el aumento en algunos tipos de esquizofrenia-melanosis, o bien en alteraciones como la pérdida del pigmento en el vitiligo.

### 6.2 FUTURAS IMPLEMENTACIONES DEL SISTEMA

El sistema se encuentra actualmente implementado en la Unidad de Cómputo, departamento de Histología, Embriología y Anatomía de la Facultad de Medicina de la U.N.A.M. como apoyo a la investigación en el área de estudios morfológicos y fisiológicos.

Se tiene planeada una serie de implementaciones en los Laboratorios de Bioingeniería del Departamento de Fisiología del Instituto de Fisiología Celular y en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la U.N.A.M., debido a que estudios parecidos también se llevan a cabo en estos laboratorios.

### 6.3 DIVERSAS APLICACIONES

A continuación se muestra un extracto de algunas de las investigaciones que pueden contar con este sistema como herramienta extra de análisis:

- 6.3.1 Estudio tomográfico de las respuestas del Colículo Superior a la estimulación luminosa y del Núcleo Caudado.  
Carolina Téllez-Villagra, Norma Higuera-Hernández, Francisca Vázquez-Pereyra y Juan Antonio Roig Varela. Depto. de Fisiología

Se ha descrito en gatos anestesiados con uretano, la existencia de neuronas en el Colículo Superior (CS), que además de ser excitadas

## CONCLUSIONES

por la luz cambian sus patrones de descarga por la estimulación del núcleo caudado (NC).

En el análisis de distribución de estas neuronas dentro de ese núcleo, nos hemos encontrado con la dificultad de sistematizar los resultados en forma tal que su estudio permita llegar a conclusiones que relacionen su topografía con una localización funcional ya conocida para el CS.

Los datos obtenidos en gatos anestesiados con uretano, fueron clasificados en tres grupos de acuerdo a que las neuronas respondieran a la estimulación aislada ya sea visual o del NC o que la asociación de la estimulación del NC cambiara la respuesta a la estimulación luminosa.

Con la ayuda de *J. J. J.*, se puede concluir que las zonas que responden al estímulo del NC y del destello luminoso no están limitadas a aquellas relacionadas con la regulación de los movimientos oculares y reflejos oculomotores, sino que también alcanzan la región que corresponde a la zona vinculada con vía visual.

Estas observaciones asociadas a la influencia inhibitoria o excitadora por parte del NC sobre la descarga de las neuronas activadas por la luz, confirman el carácter del NC como estructura reguladora de la información sensorial a niveles subcorticales.

### 6.3.2 Modificaciones normales en la forma, dimensiones y estructura del Acueducto Mesencefálico.

Ismael Herrera Vázquez, Gonzalo M. García Nava. Depto. Anatomía

Se han reportado variaciones en la forma, tamaño y características del revestimiento ependimario en el acueducto mesencefálico. Dado que las lesiones del acueducto suelen ser causadas de enfermedad y/o muerte.

En esta investigación se estudiaron 30 mesencefalos humanos de individuos fallecidos en nuestra población con el fin de determinar la forma y dimensiones así como las características microscópicas del revestimiento ependimario, se practicaron secciones perpendiculares al eje mayor del tronco encefálico y se seleccionaron siete niveles para su análisis.

Fue frecuente encontrar formas triangulares con vértice vertebral, dorsal, ovales, romboides o de endidura. Las mediciones mostraron variaciones considerables en secciones transversales a diferentes niveles de un mismo espécimen e igual ocurre en un mismo

## CONCLUSIONES

nivel en especímenes diferentes.

A la observación microscópica se observó diversidad a la situación de la capa ependimaria y variaciones en la estructura y densidad celular de la capa glial subependimaria.

Los resultados del presente estudio con la ayuda del sistema de representación gráfica pueden ser considerados como muestra representativa de individuos normales, de utilidad para el diagnóstico de la anomalía en la forma y dimensiones del acueducto mesencefálico.

### 6.3.3 Alteraciones histológicas del pulmón por administración prenatal de diazepam (valium) en fetos de ratón. M.C. Márquez-Orozco, A. Márquez-Orozco, L.B. Becker-Fincowsky Depto. de Embriología.

El diazepam es utilizado en mujeres embarazadas y durante el trabajo de parto por ser un tranquilizante y miorelajante efectivo. Sin embargo, mediante estudios realizados con diazepam marcado con  $C^{14}$ , se sabe que atraviesa la barrera placentaria, se acumula en los tejidos fetales y en particular en los pulmones.

El propósito de este trabajo es investigar si dosis únicas diarias de diazepam de 2.7 mg/Kg de peso corporal, administradas intraperitonealmente a hembras de ratón del sexto al decimoquinto día de la gestación, producen alteraciones histológicas del pulmón fetal que ha alcanzado un desarrollo canalicular, y si están semejantes a las observadas en el pulmón fetal de 18 días que está en periodo alveolar.

Se utilizaron dos grupos de hembras gestantes de ratón de la cepa CD-1, que fueron tratados, el primero con diazepam y el segundo con solución salina al 0.9 % del sexto al decimoquinto día de la gestación. Al decimosexto día las hembras fueron sacrificadas por decapitación para obtener los fetos, de los que se extrajeron los pulmones que se fijaron en formol al 10 % amortiguado, se deshidrataron e incluyeron en Paraplast y se obtuvieron cortes de 5  $\mu$ m que fueron teñidos con Hematoxilina-eosina, hematoxilina-férrica de Wegert y tricómica de Gallego.

Al microscopio fotónico se observó que el árbol bronquial de los fetos del grupo tratado con diazepam conservaba un aspecto glandular, el epitelio producía escasas secreciones, y la luz de los conductos era muy reducida en contraste con el espesor del epitelio que estaba engrosado ( $p < 0.001$ ).

## CONCLUSIONES

El aumento del espesor del epitelio parece estar relacionado con alteraciones de los organelos citoplásmicos y probablemente sea una de las causas de la hipoxia neonatal, observada en estos fetos. Los resultados son un indicador que permiten sugerir que se evite el uso del diazepam durante el embarazo.

### 6.3.4 Cambios ultraestructurales de hepatocitos fetales causados por diazepam (valium). M.C. Márquez-Orozco, A. Márquez-Orozco, Norma Higuera-Hernández Depto. de Embriología.

Estudios previos muestran que las células hepáticas de fetos de ratón, de hembras tratadas con diazepam (valium) durante la gestación, presentan modificaciones citoplásmicas y nucleares que se pueden observar con el microscopio fotónico, por lo que el propósito de este trabajo es determinar si el diazepam administrado intraperitonealmente a hembras gestantes de ratón, induce alteraciones ultraestructurales de los organelos citoplásmicos y del núcleo de los hepatocitos fetales.

En los fetos de ratón del grupo experimental de hembras gestantes, tratadas con dosis únicas diarias de 2.7 mg/kg de peso corporal administradas intraperitonealmente del sexto al decimoquinto día de la gestación, se observó con el microscopio electrónico de transmisión que los hepatocitos fetales presentaban con frecuencia retículo endoplásmico rugoso desorganizado, con cisternas dilatadas; había elementos membranosos y complejo de Golgi abundante, al igual que granos de glucógeno que rodeaban a grandes vacuolas.

Los núcleos eran voluminosos, con la cromatina distribuida atípicamente. Estas alteraciones podían modificar la fisiología de los hepatocitos y probablemente persistan después del nacimiento.

Estas son algunas de las investigaciones, a las que se les puede ayudar con JEM, como herramienta extra de análisis. Existiendo otras que también pueden requerir el uso de este sistema para apoyar su análisis desarrollado durante la investigación.

**APENDICE A**  
**LISTADOS DE PROGRAMAS**

En este apéndice se muestran los listados de los programas realizados en la microcomputadora Printaform para el sistema de representación de estructuras anatómicas en tercera dimensión.

```

(
(*****
SISTEMA DE REPRESENTACION DE ESTRUCTURAS ANATOMICAS EN TERCERA DIMENSION
-----
Este sistema esta compuesto por tres modulos:
Captura, Graficacion y Estadistica

El primero de ellos se realizo en lenguaje de programcion Gwbasic y
los otros dos en el lenguaje Turbo Pascal, ayudados por el paquete
de graficacion ToolBox.

Las entradas y salidas de cada uno de los modulos se describiran
en ellos.
)
)

```

```

program SAER;
($I typedef.sys)           ( Rutinas de Graficacion )
($I graphix.sys)
($I kernel.sys)
($I windows.sys)

($I ejecp.pas)             ( Rutina para ejecucion de Captura )
($I rutaux1.pas)           ( Rutinas Auxiliares )
($I rutaux2.pas)
($I grafica.pas)          ( Modulo de Graficacion )
($I estadis.pas)          ( Modulo de Estadistica )

```

```

var
  programa : strmsdos;
  resultado : integer;
  com : strcmando;

(*****
Esta rutina se encarga de elegir un modulo del sistema a ejecutar
)
)

```

```

function ELIGE OPCION(opcion:integer):integer;
var
  i, n, x1, x2, y2;
  y : integer;
  ch : char;
  ( Contador )
  ( Numero de opciones del menu )
  ( Posicion para crear ventana de opciones )
  ( Caracter leído del teclado )

begin
  n := 3;
  y2 := 1;
  x1 := 25;
  x2 := 55;

  ini_opcion(y,opcion,n,i,y2);
  define_ventana(7,0,0,xmaxqib,ymaxqib);
  drawtextw(220,15,3,' S A E R ');

  gotoxy(18,24);
  write('Selecciona con ',chr(24),' ',chr(25),' o el numero y oprime <RETURN>');

  drawtextw(212,54,2,'0. Regresa a MS-DOS');
  drawtextw(212,80,2,'1. Captura');
  drawtextw(212,105,2,'2. Graficacion');
  drawtextw(212,130,2,'3. Estadistica');

  selec_opcion(x1,x2,y,i);
  elige(i,n,y,x1,x2);
  elige_opcion := i;
end
(endpro elige_opcion);

```

```

Begin
  InitGraphic;
  setheaderon;
  defineworld(2,0,199,639,0);
  definewindow(10,0,0,xmaxglb,ymaxglb);
  presenta;
  opcion := 5;

  while opcion <> 0 do
    begin
      ClearScreen;
      selecciona(1);
      opcion := 0;

      opcion := elige_opcion(opcion);
      ClearScreen;

      case opcion of
        1 : begin
            programa := 'captura.exe';
            com := '';
            ejecprog(programa, com, resultado);
            end;
        2 : graficacion;
        3 : estadistica;
      end
      (endcase);
    end
  (endwhile);

  LeaveGraphic;

end.
(fin del programa)

```

```

10000 *
10100 *
10200 *
10300 *
10400 *
10450 *
10500 *
10600 *
10700 *
10800 *
10900 *
11000 *
11100 *
11200 *
11300 *
11400 *
11500 *
11600 *
11700 *
11800 *
11900 *
12000 *
12100 *
12200 *
12300 *
12400 *
12500 *
12600 *
12700 *
12800 *
12900 *
13000 *
13100 *
13200 *
13300 *
13400 *
13500 *
13600 *
13700 *
13800 *
13900 *
14000 *
14100 *
14200 *
14300 *
14400 *
14500 *
14600 *
14700 *
14740 *
14750 *
14760 *
14780 *
14800 *
14900 *
15000 *
15100 *
15200 *
15300 *
15400 *
15500 *
15600 *
15700 *
15800 *
15900 *
16000 *
16100 *
16200 *
16300 *
16400 *
16500 *
16600 *
16700 *
16800 *
16900 *

```

```

*****
MODULO I : CAPTURA DE COORDENAS (X,Y,Z)
-----

Este modulo es el primero de los que forman parte del
Sistema de representacion de estructuras anatomicas en
tercera dimension.

Realiza la captura de coordenadas (X,Y,Z) de los cortes
histologicos y zonas de interes dentro de estos de una
estructura anatomica.

Entradas: + Nombre del archivo de datos
          + Coordena Z para cada corte histologico
          + Coordenadas (X,Y) enviadas del digitalizador

Salidas: + La salida consiste en dos archivos en disco
          + conteniendo la informacion de la captura
            para su analisis posterior (Cortes y Fig.).
          + Coordenada Z
          + Numero de puntos por corte o zona interna
          + Letra C o P para distinguir entre uno y
            otro
*****

-----
PROGRAMA PRINCIPAL
-----

KEY OFF
SCREEN 0

-----
Instrucciones que el usuario debe realizar antes de comenzar
la captura de coordenadas
-----

Formato de la pantalla

CLS
Cuadro de la pantalla
FOR I=1 TO 80
PRINT CHR$(220);
NEXT I
FOR I=2 TO 23
LOCATE I,1 : PRINT CHR$(221)
LOCATE I,80 : PRINT CHR$(222)
NEXT I
LOCATE 24,1
FOR I=1 TO 80
PRINT CHR$(223);
NEXT I
Cuadro para el modulo de Captura
LOCATE 3,27:PRINT CHR$(201);
FOR I=1 TO 21
PRINT CHR$(205);
NEXT I
PRINT CHR$(187)
LOCATE 4,27:PRINT CHR$(186);" CAP T U R A ";CHR$(186)
LOCATE 5,27:PRINT CHR$(200);
FOR I=1 TO 21
PRINT CHR$(205);
NEXT I
PRINT CHR$(188)

```

```

17000 ;
17100 ; Despliegue de las Instrucciones que el usuario debe realizar antes
17200 ; de comenzar el proceso de captura.
17300 ;
17400 LOCATE 8,15 : PRINT "Instrucciones"
17500 LOCATE 9,15 : FOR I=1 TO 13:PRINT CHR$(196);NEXT I
17600 LOCATE 11,15 : PRINT "1.- Conectar la interfaz RS232 a la microcomputado
17700 LOCATE 13,15 : PRINT "2.- El Digitalizador debe estar en modo de operaci
17800 LOCATE 14,15 : PRINT "POINT"
17900 LOCATE 16,15 : PRINT "3.- Colocar la imagen dentro del sistema de referenc
18000 LOCATE 18,15 : PRINT "4.- Capturar las coordenadas en sentido contrario
18100 LOCATE 20,15 : PRINT "las manecillas del reloj"
18200 LOCATE 22,67 : PRINT "< RETURN "; LOCATE 22,77
18300 WHILE RESP# = ""
18400 LOCATE 22,69 : PRINT " "
18500 LOCATE 22,69 : PRINT "RETURN"
18600 FOR I = 1 TO 500
18700 NEXT I
18800 RESP# = INKEY$
18900 WEND
18910 ;
18920 ; ~~~~~
18930 ; ~~~~~
18940 ; ~~~~~
18950 ; ~~~~~
18955 ; ~~~~~
18960 ; ~~~~~
18965 ; ~~~~~
18970 ; ~~~~~
18975 ; ~~~~~
18980 ; ~~~~~
18985 ; ~~~~~
18990 ; ~~~~~
18995 ; ~~~~~
19000 ;
19050 ;
19100 ; ~~~~~
19200 ; ~~~~~
19300 ; ~~~~~
19400 ; ~~~~~
19500 ; ~~~~~
19600 ; ~~~~~
19700 ;
19800 ;
19900 ;
20000 ;
20010 ;
20020 ;
20030 ;
20040 ;
20050 ;
20060 ;
20070 ;
20080 ;
20090 ;
20100 ;
20110 ;
20120 ;
20130 ;
20140 ;
20150 ;
20160 ;
20170 ;
20180 ;
20190 ;
20200 ;
20210 ;
20220 ;
20230 ;
20240 ;
20250 ;
20260 ;
20270 ;
20280 ;
20290 ;
20300 ;
20310 ;
20320 ;
20330 ;
20340 ;
20350 ;
20360 ;
20370 ;
20380 ;
20390 ;
20400 ;
20410 ;
20420 ;
20430 ;
20440 ;
20450 ;
20460 ;
20470 ;
20480 ;
20490 ;
20500 ;
20510 ;
20520 ;
20530 ;
20540 ;
20550 ;
20560 ;
20570 ;
20580 ;
20590 ;
20600 ;
20610 ;
20620 ;
20630 ;
20640 ;
20650 ;
20660 ;
20670 ;
20680 ;
20690 ;
20700 ;
20710 ;
20720 ;
20730 ;
20740 ;
20750 ;
20760 ;
20770 ;
20780 ;
20790 ;
20800 ;
20810 ;
20820 ;
20830 ;
20840 ;
20850 ;
20860 ;
20870 ;
20880 ;
20890 ;
20900 ;
20910 ;
20920 ;
20930 ;
20940 ;
20950 ;
20960 ;
20970 ;
20980 ;
20990 ;
21000 ;
21100 ;
21200 ;
21300 ;
21400 ;
21500 ;
21600 ;
21700 ;
21800 ;
21900 ;
22000 ;
22100 ;
22200 ;
22300 ;

```

```

2400 : ~~~~~
2500 : ~
2600 : ~
2700 : ~   Captura de la Informacion enviada a traves de la interfaz   ~
2800 : ~   RS232   ~
2900 : ~~~~~
3000 :
3100 : DIM X(1000),Y(1000)
3200 :
3300 :   Lectura del nombre del archivo para almacenar las coordenadas de una
3400 :   estructura
3500 : LOCATE 16,27 : INPUT ARCHS
3600 : LOCATE 16,27 : PRINT " "
3700 : LOCATE 16,27 : PRINT ARCHS
3800 :
3900 :   Asignacion de nombres para el archivo de cortes y zonas de interes
4000 :
4100 : ARCHS% = ARCHS+"C"+".DAT"
4200 : ARCHP% = ARCHS+"P"+".DAT"
4300 : OPEN "O",#2,ARCHS%
4400 : OPEN "O",#3,ARCHP%
4500 : OPEN "C",#1,300,e,7,2,rs,cs,ds,cd" AS #1
4600 : TERMINA = 1
4700 : I = 1
4800 : CP% = "C"
4900 :
5000 :   Proceso en el que lee el archivo del puerto serial RS232
5100 :   Termina cuando se haya capturado una estructura completa
5200 :
5300 : WHILE (TERMINA = 1)
5400 :   WHILE NOT EOF(1)
5500 :     FOR J = 1 TO 2200
5600 :       NEXT J
5700 :       A% = INPUT$(LOC(1),#1)
5800 :
5900 :       Despliegue en pantalla de los 64 caracteres enviados a traves de
6000 :       la interfaz RS232
6100 :
6200 :       LOCATE 11,31 : PRINT MID$(A%,1,16)
6300 :       LOCATE 13,31 : PRINT MID$(A%,17,16)
6400 :       LOCATE 15,31 : PRINT MID$(A%,33,16)
6500 :       LOCATE 17,31 : PRINT MID$(A%,49,16)
6600 :       TIPO% = MID$(A%,48,1)
6700 :
6800 :       Sino existe error, distingue entre corte y zona de interes
6900 :
7000 :       IF TIPO% <> "E" THEN
7100 :         IF TIPO% = "C" THEN
7200 :           TERMINA = 0
7300 :         ELSE
7400 :           GOSUB 29200
7500 :         END IF
7600 :       END IF
7700 :     WEND
7800 :   WEND
7900 :   GOSUB 30600
8000 :   CLOSE #2
8100 :   CLOSE #3
8200 :   GOSUB 30900
8300 :   FOR I = 1 TO 5
8400 :     LOCATE 12,28 : PRINT "Fin del proceso de captura " + CHR$(2)
8500 :     FOR J = 1 TO 600
8600 :       NEXT J
8700 :     NEXT I
8800 :   END
8900 :
9000 : ~~~~~
9100 : ~
9200 : ~   Se distingue entre Corte y Zona de Interes   ~
9300 : ~~~~~
9400 :
9500 :   Indica Corte Histologico
9600 :
9700 : IF TIPO% = "A" THEN
9800 :   GOSUB 30600:
9900 :   LOCATE 20,21:
10000 : INPUT #1
10100 : CP% = "C"

```

```

29700 :
29720 :
29740 : Indica Zona Interna de un Corte
29760 :
29780 : IF TIPO% = "B" THEN
29800 :     GOSUB 30600:
29820 :     CP% = "P"
29840 :
29860 :
29880 : Realiza la conversion de las coordenadas X , Y de tipo
29900 :     caracter a numerico
29920 :
29940 : IF TIPO% = " " THEN
29960 :     I = I + 1:
29980 :     X(I) = VAL(MID$(A$,36,6)):
30000 :     Y(I) = VAL(MID$(A$,52,6)):
30020 :     BEEP
30040 :
30060 : ~~~~~
30080 : ~
30100 : ~ Almacena coordenadas en los archivos correspondientes a ~
30120 : ~ cortes o zonas de interes ~
30140 : ~~~~~
30160 :
30180 : Almacena datos en el archivo de cortes
30200 :
30220 : IF CP% = "C" THEN
30240 :     WRITE #2, Z, I, CP%:
30260 :     FOR J = 1 TO I:
30280 :         WRITE #2, X(J), Y(J), " ":
30300 :     NEXT J
30320 :
30340 : Almacena datos en el archivo de zonas internas
30360 :
30380 : IF CP% = "P" THEN
30400 :     WRITE #3, Z, I, CP%:
30420 :     FOR J = 1 TO I:
30440 :         WRITE #3, X(J), Y(J), " ":
30460 :     NEXT J
30480 :
30500 : RETURN
30520 : ~~~~~
30540 : ~
30560 : ~ Limpia la pantalla ~
30580 : ~~~~~
30600 :
30620 : FOR I = 7 TO 22
30640 :     LOCATE I, 3
30660 :     FOR J = 1 TO 75
30680 :         PRINT " ":
30700 :     NEXT J
30720 : NEXT I
30740 : RETURN

```

\*\*\*\*\*  
 MODULO II:           GRAFICACION DE ESTRUCTURAS ANATOMICAS  
 -----  
 \*\*\*\*\*

Este modulo es el segundo del sistema SAER, con el cual se pueden representar estructuras anatomicas en tres dimensiones, asi como sus cortes en dos dimensiones.

A partir de las coordenadas (X,Y,Z) de los cortes con zonas de interes que conforman a una estructura, se traslada al centro de una ventana definida, se escala y se muestra con cierta elevacion, declinacion y giro. Modificando a eleccion del usuario la escala y/o la rotacion de la estructura.

+ Entradas:

- \* Archivo de las coordenadas (X,Y,Z) capturadas
- \* Escala para las coordenadas X,Y
- \* Angulos de elevacion, declinacion y giro respecto del observador

+ Salidas:

- \* Archivo con graficas almacenadas, seleccionadas por el usuario.
- \* Graficas en pantalla o papel de la representacion de de las estructuras anatomicas requeridas.

\*\*\*\*\*  
 procedure GRAFICACION;

```

BEGIN
op_graf := 1;
while op_graf <> 0 do
  begin
  selecciona(1);
  op_graf := 0;
  op_graf := op_menu_graf(op_graf);
  case op_graf of
    1 : Corte_histol;
    2 : estruc_anat;
    3 : corte_estruc;
    4 : graf_almac;
  end
  (endcase);
  end
  (endwhile);
END
(endspro GRAFICA);
  
```

\*\*\*\*\*  
 MODULO III: ANALISIS ESTADISTICO PARA E.A.  
 -----  
 \*\*\*\*\*

Este modulo es el tercero del sistema SAER, con el cual se pueden llevar a cabo el analisis estadistico sobre areas y volúmenes calculados sobre cortes histologicos y estructuras anatomicas.

Las salidas proporcionadas se muestran en pantalla, con la opcion de imprimirse a papel.

+ Entradas:

- \* Archivo de las coordenadas (X,Y,Z) capturadas
- \* Archivo de los calculos de áreas y volúmenes

+ Salidas:

- \* Datos estadisticos basicos sobre areas y volúmenes.
- \* Prueba T de Student.
- \* Prueba Xi cuadrada.
- \* Histogramas de comparacion de areas y volúmenes

\*\*\*\*\*  
 )  
 procedure ESTADISTICA;

```
begin
op_est := 1;
while op_est <> 0 do
begin
selecciona(1);
op_est := 0;
op_est := op_menu_est(op_est);
case op_est of
1 : area;
2 : volumen;
3 : est;
end
(endcase);
end
(endwhile);
end
(endpro estadistica);
```

```

Type
  StrMSDOS = string[ 255 ];
  StrComando = string[ 125 ];

(*****
*
* Rutina para ejecutar un comando de MS-DCS (modulo de Captura)
*
*****)

Procedure EjecProg( Programa : StrMSDOS;
                  Com       : StrComando;
                  Var Resultado : Integer );

Const
  CR : Byte = $0d;
  LongCom : Byte = 125;

Type
  TipoFcb = Record
    Drive      : Char;
    F_name     : string[ 8 ];
    F_ext      : string[ 3 ];
    Cur_Block  : Integer;
    Rec_Size   : Integer;
    File_size  : Array[ 1 .. 2 ] of Integer;
    Cr_Date   : Integer;
    Reserved   : string[ 10 ];
    Rec_Num   : Char;
    Rel_Rec   : Array[ 1 .. 2 ] of Integer;
  End;

Var
  Comando      : Array[ 1..128 ] of Char;
  I, Long      : Integer;
  Registros    : Record
    AX, BX, CX, DX, BP, SI, DI, DS, ES, FLAGS : Integer;
  End;
  SegmentoPSP : Integer;
  SegmentDisp : Integer;
  SegAmb      : Integer;
  ParBlock    : Array[ 1..10 ] of Integer;
  Offset      : Integer;
  Bin         : byte; (* Temporal *)
  Fcb1, Fcb2  : TipoFcb;

Procedure Exec( Var Resultado : Integer; BX, DS, DX, ES : Integer );
  External 'Exec.com';

Begin
  For i := 1 to LongCom + 2 do
    Comando[ i ] := ' ';
  endfor;
  Programa := Programa + Char( 0 );
  Long := Length( Com );
  Move( Long, Comando[ 1 ], 1 );
  For i := 2 to Long + 1 do
    Comando[ i ] := Com[ i - 1 ];
  endfor;
  move( CR, comando[ Long + 2 ], 1 );
  Comando[ Long + 3 ] := Char( 0 );

```

```
( Consigue la direccion del PSP de este programa )
```

```
Registros.AX := $6200;  
MSDOS( Registros );  
SegmentoPSP := Registros.BX;  
SegMemDisp := MemW( SegmentoPSP : 2 ); (* Limite de memoria disponible *)  
SegAmb := MemW( SegmentoPSP : $2C );  
Offset := 0;
```

```
( Construye parametros para la ejecucion del comando )
```

```
ParBlock[ 1 ] := MemW( SegmentoPSP : $2C ); ( Ambiente de direcciones )  
ParBlock[ 3 ] := Seg( Comando );  
ParBlock[ 2 ] := Ofc( Comando );  
ParBlock[ 4 ] := SegmentoPSP;  
ParBlock[ 5 ] := $5C;  
ParBlock[ 6 ] := SegmentoPSP;  
ParBlock[ 7 ] := $6C;
```

```
( Construye apuntadores para la ejecucion del programa )
```

```
DS := Seg( Programa );  
DX := Ofc( Programa ) + 1;  
ES := Seg( ParBlock );  
BX := Ofc( ParBlock );
```

```
( Ejecuta el comando * traves de MS-DOS )
```

```
Exec( Resultado, BX, DS, DX, ES );  
if ( Resultado > 11 ) or ( Resultado < 1 ) then  
Resultado := 0  
(endif);
```

```
end  
(enpro ejecprog);
```

**APENDICE B**  
**GLOSARIO MEDICO**

En este apéndice se proporcionan algunos de los términos médicos que se utilizan durante el desarrollo de este trabajo. Para mayor información referirse a la bibliografía mencionada en los Capítulos 1 y 2.

## GLOSARIO MEDICO

**Adrenalina.**- Sustancia cristalina que se obtiene de la médula de las cápsulas suprarrenales de diversos animales; se usa en inyecciones intravenosas para tonificar el corazón y hacer subir la presión arterial.

**Amino.**- Prefijo que indica que la sustancia representada por la última parte del nombre está modificada por la sustitución de un átomo de H por el radical NH<sub>2</sub>.

**Aminoácido.**- Ácido aminado, ácido orgánico que contiene los grupos amino, NH<sub>2</sub> y carboxilo, COOH. Son los principales constituyentes de las proteínas.

**Aracnoides.**- Membrana meníngea delicada, intermedia entre la piamadre y la duramadre en el encéfalo y médula.

**Catecolamina.**- Nombre genérico de las aminas derivadas del Catecol. Las más importantes son la adrenalina y norepinefrina y su predecesor la Dopa.

**Citocromo.**- Representa el último eslabón en la cadena de enzimas respiratorias encargadas de la transferencia de electrones procedentes de la dihidrogenación de los sustratos, al oxígeno.

**Coroides.**- Capa oscura y vascular del ojo, situada entre la esclerótica y la retina, cuya función es nutrir a ésta y al cristalino.

**Cresta Neural.**- Elevación que da origen a los ganglios espinales.

**Cuerpo Pineal.**- Órgano pequeño, rojizo, coniforme, del tamaño de un guisante, situado en el espesor de la tela corioidea.

**Cuerpo de Nissl.**- Gránulos gruesos que se tiñen con los colorantes básicos y constituyen el retículo citoplasmático de la célula nerviosa.

**Cutícula.**- Epidermis o capa exterior de la piel.

**Dermis.**- Porción de la piel, que se halla debajo de la epidermis y es más gruesa que ésta.

## GLOSARIO MEDICO

**Diamina.**- Compuesto que contiene dos grupos aminos.

**Dopa.**- Enzima cutánea que oxida, produciendo melanina.

**Endocrino.**- Se aplica a los órganos o glándulas de secreción interna o relativo a los mismos.

**Enzima.**- Sustancia capaz de acelerar o provocar ciertos procesos químicos sin sufrir ninguna modificación.

**Epidermis.**- Capa superficial de la piel que recubre la dermis.

**Epinefrina.**- Principio activo de las glándulas suprarrenales. Vea Adrenalina.

**Esquizofrenia.**- Psicosis discordante de carácter evolutivo. Se caracteriza por disociación psíquica, despersonalización, alteraciones del curso del pensamiento, autismo, alteraciones psicomotrices, transtornos de la afectividad (alucinaciones) y delirio paranoide.

**Fagocito.**- Célula del organismo que tiene la propiedad de englobar microbios, células o cuerpos extraños.

**Fenilcetonuria.**- Error metabólico hereditario del aminoácido fenilalanina, en virtud del cual el ácido fenilpirúvico aparece en la orina. A menudo se asocia con la deficiencia mental.

**Fenol.**- Compuesto orgánico cristalizado incoloro. Es un antiséptico poderoso, desinfectante, germicida y muy tóxico.

**Férrico.**- Que contiene hierro en su mayor valencia, en forma de ion férrico.

**Filogénesis.**- Historia del desarrollo de un tipo orgánico o especie, desde la forma más simple o evolución del individuo.

**Fisiología.**- Ciencia biológica que tiene por objeto de estudio la función de los cuerpos organizados.

**Fuscina.**- Pigmento retinal oscuro del epitelio.

## GLOSARIO MEDICO

**Gónada.**- Glándula protectora de la reproducción; ovarios en la hembra y testículos en el macho.

**Gránulo.**- Partícula intracelular que se tiñe específicamente con ciertos colorantes.

**Hematina.**- Polvo pardo obtenido secando la fibrina de la sangre.

**Hemocromatosis.**- Trastorno metabólico, más frecuente en el varón, caracterizado por acumulación de grandes cantidades de hierro con pigmentación cutánea y visceral, cirrosis hepática y participación de otros órganos y disminución de la tolerancia a los hidratos de carbono.

**Histología.**- Rama de la biología que trata sobre las estructuras de los tejidos, incluyendo el estudio de las células y de los órganos.

**Indole.**- Cuerpo cristizable,  $C_8H_7N$

**Leptomeninge.**- En plural denota la piamadre y la aracnoides en conjunto.

**Leuco.**- Blanco, brillante.

**Lípido.**- Cualquiera de las sustancias orgánicas constituidas por ácidos grasos con colesterol, glicerol, etc., de elevado peso molecular y caracterizadas por su insolubilidad en el agua.

**Lipofuscina.**- Pigmento cromolipoideo de color pardusco que puede estar presente en algunos tejidos.

**Locus Coeruleus.**- Mancha amarillenta en el suelo del cuarto ventrículo, cerca de la parte superior del surco medio.

**Melanina.**- Pigmento negro o pardo-rojizo normal de las coroides, cabellos. La melanina se produce por oxidación enzimática que a través de diversas etapas se transforma en dihidroxiindol.

**Melanocito.**- Célula pigmentada. Leucocito cargado de gránulos de melanina.

## GLOSARIO MEDICO

**Melanóforo.-** Célula pigmentaria subdérmica.

**Meninges.-** Membranas que recubren el encéfalo y la médula espinal.

**Mesencéfalo.-** Cerebro medio, subdivisión cerebral derivada de la vesícula cerebral media, de la que se desarrolla la protuberancia anular.

**Metildopa.-** Análogo metilado de la dopa, empleado en el tratamiento de la hipertensión arterial.

**Morfología.-** Trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimentan.

**Norepinefrina.-** Compuesto del grupo de las catecolaminas, que actúa como neuro transmisor central y en las terminaciones adrenérgicas del sistema nervioso vegetativo; secretada también por la médula suprarrenal.

**Oxidación.-** Combinación de un elemento o cuerpo con el oxígeno. Desde el punto de vista químico, puede ser definido como la pérdida de uno o varios electrones por un elemento o compuesto químico.

**Oxidasa.-** Enzima que cataliza la transferencia de electrones, o pares de átomos de hidrógeno, del sustrato exclusivamente al oxígeno.

**Parkinson, Mal de.-** Parálisis agitante, una enfermedad del sistema nervioso el cual esta asociado con la pérdida de pigmento de las células de sustancia negra del cerebro. La enfermedad responde en algunos casos a la administración terapéutica de dopa. Se presenta en ambos sexos, con síntomas de fatiga y rigidez muscular.

**Patología.-** Rama de la medicina que estudia las enfermedades y los trastornos que se producen en el organismo.

**Piamadre.-** Membrana vascular, fina y semitransparente, la más interna de las 3 que constituyen las meninges, que se aplica a la superficie del eje cerebro espinal.

## GLOSARIO MEDICO

**Pigmento.**- Sustancia provista de coloración propia, que existe normal o anormalmente, en los elementos anatómicos y en los líquidos del organismo, especialmente la materia granulosa compuesta de melanina de las células epiteliales de la piel, coroides, iris, etc.

**Pigmento Melanótico (melanina).**- Pigmento producido por la acción metabólica de las células.

**Poiquiloteroo.**- Se aplica a los animales que carecen de temperatura propia, y tienen la del medio ambiente, por oposición a los animales de sangre caliente.

**Polímero.**- Dícese de los cuerpos formados por la condensación de moléculas o unidades más pequeñas.

**Polimerización.**- Unión química de dos o más moléculas de una sustancia para formar un nuevo compuesto.

**Puente.**- Porción de tejido que une dos partes de un órgano.

**Putamen.**- Porción externa y más oscura del núcleo lenticular del cuerpo estriado.

**Quinona.**- Alcaloide principal de los muchos que contiene a la corteza de quino.

**Radical Libre.**- Grupo de átomos que en las combinaciones actúa como cuerpo simple, pero no existe en estado libre.

**Sistema Nervioso Central y Periférico.**- Comprende el encéfalo y la médula espinal y el conjunto de nervios craneales y raquídeos con sus ganglios respectivamente.

**Sulfidrilo.**- Radical univalente SH.

**Tálamo.**- Cada uno de los dos núcleos voluminosos de sustancia gris que limitan a cada lado del ventrículo medio.

## GLOSARIO MEDICO

**Tirosina.-** Acido  $\beta$ -parahidroxifenil- $\alpha$ -amipropiónico. Aminoácido presente en la dieta y liberado por hidrólisis de las proteínas de los alimentos. La mayoría de las proteínas contienen entre 1 y 6 % de tirosina.

**Tirosinasa.-** Enzima, ampliamente repartida en la naturaleza, que cataliza la producción de melanina a partir de tirosina; responsable del oscurecimiento que experimenta la superficie de un patata recién cortada cuando se pone en contacto con el aire.

**Tracto Uveal.-** Iris, pestañas y coroides.

**Trigono.-** Area o espacio triangular.

**Vascularización.-** Producción de vasos o aumento del número de éstos.

**Vitiligo.-** Decoloración de la piel, caracterizada por manchas blancas de bordes bien limitados y rodeadas de una zona de color más o menos pardusco. Los pelos implantados sobre las capas de vitiligo están decolorados, blanquecinos; no caen nunca.

## APENDICE C

### DIGITALIZADOR

En este apéndice se proporciona un panorama general de los digitalizadores, que son, cuales son sus características principales y su utilidad, asimismo, una descripción general sobre el digitalizador *Summagraphics* utilizado el desarrollo del SAER. Para mayor información referirse a la bibliografía mencionada en el Capítulo 4.

## DIGITALIZADOR

### DESCRIPCION DE UN DIGITALIZADOR

Un digitalizador es un periférico de entrada para captación de coordenadas de los puntos que conforman a una gráfica, esto es, transforma gráficos en datos de entrada para una computadora (conversión analógica-digital). El papel con el dibujo se coloca en un tablero, sobre el que se desplaza un cursor o pluma. Esta pluma envía a la computadora las coordenadas (X,Y) del tablero, sobre las que se va moviendo.

Los digitalizadores son periféricos de entrada de datos muy útiles para sistemas de diseño asistido por computadoras, en las que se trabaja con dibujos o gráficos, utilizados en arquitectura, cartografía, diseño textil. Abarcan distintas ramas del diseño, desde la ingeniería hasta la química y la medicina.

La entrada de datos a la computadora se realiza mediante un pulsador colocado en la pluma o en el cursor para dibujar la imagen equivalente. Las características más importantes para la evaluación de los diferentes modelos de digitalizadores son:

1. Técnica de digitalización empleada.
2. Tipo y tamaño de tablero.
3. Tipo de pluma o cursor.
4. Resolución.
5. Precisión.
6. Velocidad de salida de datos.
7. Origen de Coordenadas.
8. Altura de Digitalización.
9. Realimentación física con el operador.
10. Modos de salida.
11. Formatos de salida.
12. Tipo de interface.
13. Alimentación y Consumo.

## DIGITALIZADOR

### C.1 Técnica de Digitalización.

La técnica usada para efectuar la digitalización de las coordenadas puede ser de tres tipos:

1. Sónica.
2. Electrostática.
3. Electromagnética.

La más usada es la Electromagnética. Para emplearla, el tablero debe estar formado por una reticula de conductores de cobre espaciados.

### C.2 Tipo y Tamaño del tablero

El tablero sobre el que se coloca el dibujo puede ser opaco o con luz interna. Su tamaño puede variar desde 6" x 6" (15 x 15 cm) hasta 42" x 60" (107 x 152 cm).

### C.3 Tipo de pluma

La introducción de datos a la computadora puede efectuarse por medio de una pluma o bien un cursor con botones. Los cursores llevan una cruz para la determinación del punto a digitalizar y pueden incorporar un amplificador óptico del tipo lupa.

### C.4 Resolución y Precisión

La resolución es la mínima distancia que puede existir entre dos puntos que tengan distintas coordenadas. Se expresa en milímetros o en pulgadas. Esta resolución es de 0.005" (200 líneas/in) o 0.1 mm (100 líneas por cm.).

### C.5 Velocidad de salida de datos

Es la máxima velocidad a la cual el digitalizador puede transmitir datos a la computadora. Esta velocidad se mide en pares de coordenadas (X,Y) por segundo. Los digitalizadores normales pueden llegar a transmitir con una velocidad de hasta 200 pares de coordenadas por segundo.

### C.6 Origen de coordenadas

El origen de coordenadas puede ser fijo o variable. En los digitalizadores con origen fijo, éste está situado en la esquina

## DIGITALIZADOR

izquierda inferior de la tableta. Cuando el origen es variable, éste puede situarse en cualquier punto del tablero, mediante los botones del cursor. Al encenderse el sistema se sitúa en la esquina izquierda inferior.

### C.7 Altura de Digitalización

Es la máxima altura a la cual se puede colocar la pluma o cursor sobre el tablero, de forma que se pueda efectuar la digitalización de las coordenadas y el envío de éstas a la computadora. Esta altura varía de digitalizador a digitalizador, pero aproximadamente se considera entre 1 o 2 mm.

### C.8 Realimentación física con el operador

Con el fin de informar al operador de la aceptación de los datos por la computadora, los digitalizadores realizan una señalización en forma visual mediante diodos luminosos o display.

### C.9 Modos de Salida

Existen cuatro modos distintos de salida de datos del digitalizador hacia la computadora:

- \* Por Puntos: El digitalizador envía un par de coordenadas cada vez que se presiona el pulsador de la pluma.

- \* Por líneas: Mientras el cursor se va moviendo y se mantiene presionado el pulsador, se transmiten los pares de coordenadas de todo el recorrido a la computadora.

- \* Datos Continuos: Los pares de coordenadas se envían de forma continua, a la máxima velocidad de salida de datos, mientras el cursor está dentro de la altura de digitalización sin necesidad de presionar el pulsador.

- \* Modo Incremental: Se transmite un par de coordenadas cuando el movimiento del cursor detecta un cambio en las coordenadas X o Y superior una determinada cantidad. Esta cantidad puede ser fija o bien programable.

### C.10 Formatos de Salida

Los datos numéricos del par de coordenadas se suelen transmitir en dos códigos distintos:

- \* Código ASCII

- \* Binario

## DIGITALIZADOR

### C.11 Tipo de Interfaz

Las interfaces más empleadas por los digitalizadores son:

- \* Paralelo
- \* RS-232
- \* Bucle de 20 mA
- \* IEEE 488

### C.12 Alimentación

La electrónica interna del digitalizador puede estar situada en el propio tablero o fuera de él. Cuando está en el propio tablero se precisan tensiones de alimentación de +5 V.c.c.,  $\pm 12$  V.c.c. Si la electrónica está fuera del tablero suele incorporar su fuente de alimentación y el equipo se conecta directamente a la red.

## DIGITALIZADOR

### DIGITALIZADOR INTELIGENTE (ID)

El digitalizador "Intelligent Digitizer" (ID) tiene como entrada material gráfico en código binario para ser almacenado en dispositivos magnéticos (cintas o floppy's). Esta entrada puede encontrarse en forma de esquemas, diseños, modelos, bosquejos, fotografías, mapas, etc. y convertido a conjuntos de coordenadas (X,Y) en un proceso llamado digitalización.

El principio de operación es en base a variaciones de campos magnéticos registrados con un microprocesador interno, permitiendo así una alta exactitud y linealidad en la toma de coordenadas. El software del ID está basado en un microprocesador, usado con la combinación de memorias ROM para el aprovechamiento de características operacionales así como, relocalización del origen, modo incremental, conversión binaria a BCD, formateo de datos de salida y funciones tales como cálculos de áreas, volúmenes, desplazamientos lineales, perímetros, etc.

#### Teoría de Operación:

La corriente es enviada a lo largo de un alambre que se encuentra perpendicular a la malla de alambres almacenados sobre un sustrato bajo la tableta. Esta corriente cambia suavemente los campos magnéticos, propagando una onda bajo todos los alambres en una dirección simultáneamente. La bobina receptora en la pluma o cursor provee una señal eléctrica a partir del cambio de flujo. El tiempo de retardo entre la bobina receptora y transmisora es convertida a información digital introduciendo pulsos de reloj a un contador binario. El número almacenado entre tiempos de inicio y término representa el valor de la coordenada. Pulsando secuencialmente por ambos lados, dos conjuntos de valores son producidos y los cálculos son hechos en la tableta produciendo resultados con una alta exactitud, dando así la coordenada digital X.

El mismo proceso es repetido para la coordenada Y, y después con retardos convenientes estos datos son puestos en un sistema de salida (display).

## DIGITALIZADOR

### Componentes del Sistema:

El equipo del ID consta de las siguientes partes:

1. Una Tableta/Digitalizadora de 20" x 20".
2. Una Unidad de Control.
3. Un Cursor o Pluma.
4. Un Display de 64 caracteres.

La *Tableta* sirve como sistema reticular en la que se coloca el material gráfico a analizar. La tableta es conectada a la Unidad de Control y recibe las coordenadas (X,Y) a través de ondas magnéticas a lo largo de líneas en el proceso de digitalización.

La *Unidad de Control* suministra todas las operaciones de voltajes y corrientes, proporcionando los controles para elegir los modos de operación y velocidad de discretización de pares coordenados. Consta de un reloj, un contador y un microprocesador para el sistema de control y autocalibración. Esta unidad a través del bus de datos de salida presentará los datos (X,Y), banderas y los pulsos TTL requeridos para control y propósitos de conexión.

La *Pluma* con punto rodante o el *Cursor* con una cruceta y un lente de aumento son posicionados en el punto a ser digitalizado. La pluma tiene una construcción en forma de switch que actúa cuando se presiona el punto rodante contra la tableta para empezar a digitalizar en algún punto o en una línea. Este switch es pasado por alto en otros modos de operación. El Cursor tiene un botón para registrar las coordenadas. El Cursor y la Pluma por su conexión con la unidad de control, empieza y termina la discretización de las coordenadas (X,Y) durante el proceso de digitalización cada vez que se presiona el switch.

El *Display* es un panel de plasma, el cual permite al digitalizador trabajar en los modos MENU, AREA, DISTANCE, SCALE y SKEW. Los resultados pueden leerse en él, estos son transmitidos de la interfaz RS-232 en modo línea. Este display es alfanumérico y consta de 64 caracteres. También consta de una tarjeta de expansión de memoria de 4K.

DIGITALIZADOR

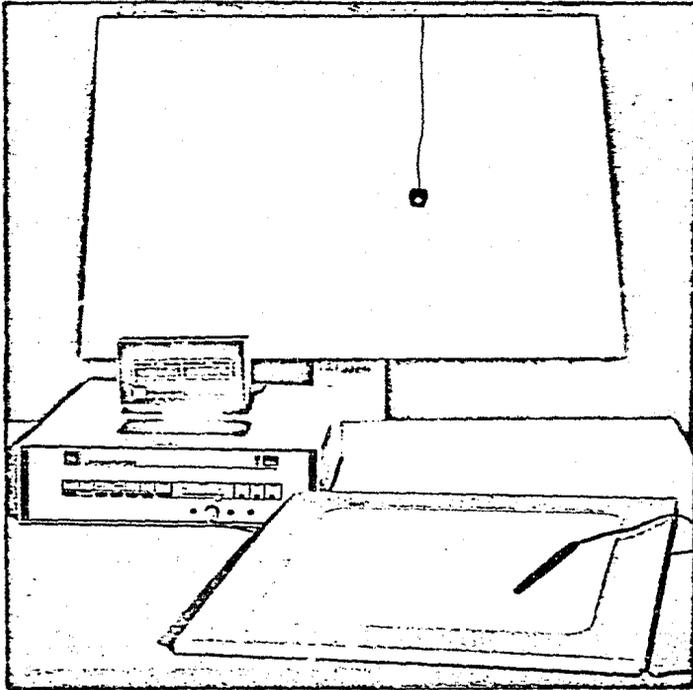


Figura 1  
Vista General del Digitalizador

## DIGITALIZADOR

### DESCRIPCION GENERAL DEL DIGITALIZADOR

Esta descripción se muestra mediante un diagrama de bloques de los componentes básicos (Fig. 2).

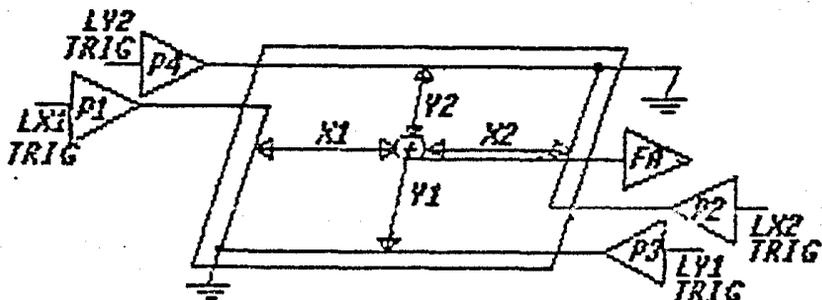


Figura 2  
Diagrama de Bloques del Digitalizador

Las señales de escritura se generan siguiendo esta secuencia:

Se pulsa P1, después de recibir la señal de disparo LX1, suministrando la onda necesaria a lo largo de X1. Esta onda después de ser detectada por el preamplificador de entrada (cursor o pluma) es amplificada y una señal lógica se produce. Este tiempo de información es convertido a información digital. Un milisegundo después P2 es pulsado a través de LY2 y un segundo pulso es producido. La razón entre X1 y X2 es tomada dando la coordenada Xtrue en la siguiente relación:

$$X_{true} = \frac{X_1 K}{X_1 + X_2}$$

Donde K representa una constante de una área activa de la tableta. Y1 y Y2 son pulsadas en forma similar de manera que la coordenada Ytrue es calculada por la expresión:

$$Y_{true} = \frac{Y_1 K}{Y_1 + Y_2}$$

## DIGITALIZADOR

### CURSOR:

El Cursor consta de cuatro botones, uno que es el Z-axis y tres de banderas. Los switches de banderas son reconocidos usando como transductores resistencias de 470 K $\Omega$ , y alambres a las entradas de las banderas en la lógica principal de la Unidad de Control. El switch Z-axis nos sirve para indicar las coordenadas de la gráfica. La función del cursor es proporcionar ondas magnéticas a través de las bobinas del cursor para el reconocimiento de las coordenadas (Fig. 3).

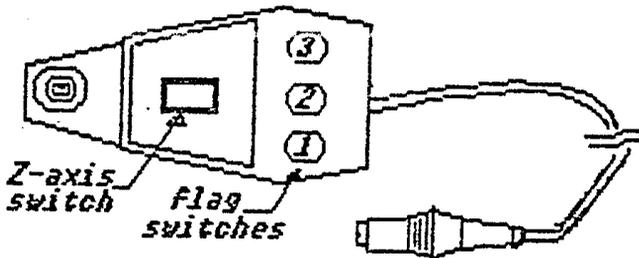


Figura 3  
Cursor

### PLUMA:

Este dispositivo es usado como una pluma ordinaria, para aplicaciones donde la superficie a digitalizar sea muy pequeña. Una resistencia de 470K $\Omega$  usada como transductor, dan a la entrada de un preamplificador una alta ganancia. Este preamplificador sirve para filtrar el campo magnético producido y detectar lo más exacto posible la coordenada.

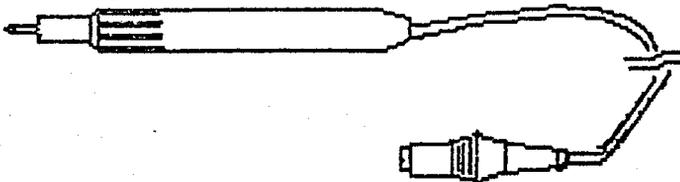


Figura 4  
Pluma

## DIGITALIZADOR

### TABLETA:

La tableta tiene un tamaño físico de 20" x 20" y de área activa de 15" x 15". La tableta está construida como un sandwich de metal y madera extremadamente plano y estable. Los alambres están colocados en una superficie tanto en dirección X como en Y, para formar una malla de dos capas. La tableta tiene una superficie de trabajo rígida, la cual es resistente a todo tipo de daño y es lavable. Tiene un perfil plano y bajo sin protuberancias sobre el área activa.

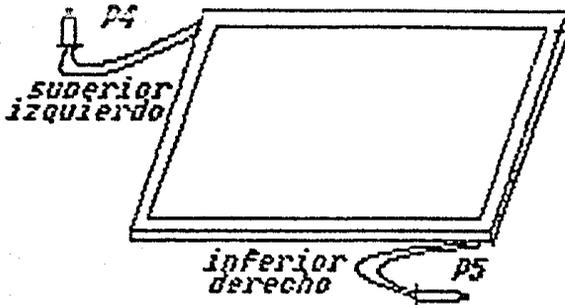


Figura 3  
Tableta Digitalizadora

## DIGITALIZADOR

### DESCRIPCION DE LA LOGICA GENERAL

#### (Unidad de Control)

a) **Modo de Control:** Determina cuando un evento es inicializado.

Existen cuatro modos de operación: "Remote", "Point", "Switched Stream" y "Switched Stream".

b) **Control de Pulsos:** Provee una señal de sincronía.

Los controles enviados son: "Reset", "Clr Reset" y "Write to".

c) **Contador:** Acumula coordenadas incorrectas bajo el control de pulsos y contadores.

El contador es asíncrono, de 16 bits. Su valor inicial es "0". El conteo comienza con el disparo del generador de pulsos.

d) **Reloj Maestro:** Provee un tiempo para la generación de pulsos y contadores.

El contador es manejado por un reloj de 54 MHz.

e) **Procesador:** Incluye puertos de entrada, switches de datos, puertos de salida para la generación de datos, RAM, ROM y CPU. Esta sección es responsable del control del sistema una vez que se inicia el modo control.

No acepta entradas del modo de control por aproximadamente 10ms. Por lo tanto la velocidad máxima especificada no puede ser excedida. El programa del procesador se localiza en IC 145 y 150 de los PROM's A y B respectivamente de la tarjeta principal del procesador.

DIGITALIZADOR

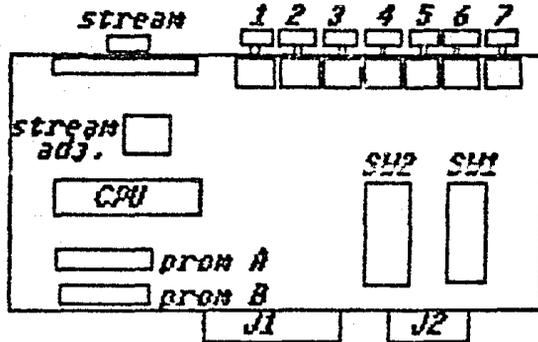


Figura 6  
Controles y Conectores del Digitalizador

## DIGITALIZADOR

### MODOS DE OPERACION E INDICADORES

(Unidad de Control)

La Unidad de Control cuenta con una sección de botones los cuales representan los diferentes modos de operación del digitalizador, los cuales son:

1. Point
2. Switched Stream
3. Switched Stream
4. Remote
5. Incremental
6. Origin
7. Clear

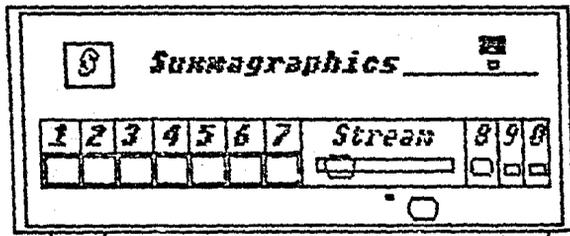


Figura 7  
Panel de Control

#### POINT

Un par de coordenadas son digitalizadas cada vez que se oprime cualquier botón del cursor, las cuales pueden ser leídas en el display.

## DIGITALIZADOR

### SWITCHED STREAM

Los pares de coordenadas son actualizados continuamente sólo cuando cualquier botón del cursor se oprima. La velocidad con la que los pares de coordenadas son actualizados se regula con la palanca STREAM ubicada en la Unidad de Control, esta velocidad varía desde una muestra por segundo hasta cien muestras por segundo.

### SWITCHED STREAM

Los pares de coordenadas son actualizados continuamente sin importar si se presiona algún botón del cursor. Al igual que el caso anterior, la velocidad se regula con STREAM.

### REMOTE

Los pares de coordenadas son actualizados cada vez que se recibe una señal externa. La máxima velocidad con que son actualizados los datos es de cien muestras por segundo.

### INCREMENTAL

En este modo de operación los pares de coordenadas son actualizados siempre y cuando el par de coordenadas varíe del par anterior. Este modo se puede utilizar con cualquiera de los modos anteriores, pero resulta especialmente útil cuando se utiliza modo STREAM.

### ORIGIN

Localiza el origen (0,0) en cualquier punto de la tableta digitalizadora al apretar este botón y digitalizar un par de coordenadas simultáneamente. Todos los pares de coordenadas siguientes serán referidos al origen especificado.

### CLEAR

Al oprimir este botón los datos de la pantalla se borran y el contador del microprocesador se inicializa. El origen se sitúa en la esquina inferior izquierda.

### STREAM

Indica la velocidad a la cual serán transmitidos los datos de la tableta digitalizadora a la microcomputadora, p.e. medio de la interfaz RS-232C.

## DIGITALIZADOR

Además la unidad de control cuenta con tres indicadores (leds):

1. Z-axis
2. Proximity
3. Power-On

El indicador Z-axis (Z) se enciende cada vez que se oprime un botón del cursor.

El indicador Proximity (P) se enciende cuando el cursor se encuentra a una distancia de  $5/32''$  de la tableta y el digitalizador opera bajo el modo STREAM.

El indicador Power-On (O) se enciende cuando al digitalizador se le suministra corriente alterna (accionando el switch que se encuentra en la parte posterior de la Unidad de Control).

## DIGITALIZADOR

### COMANDOS

Los comandos disponibles son los que se encuentran en un cuadrado en la parte inferior izquierda de la tableta digitalizadora. Para ejecutar un comando se ubica el cursor en el cuadrado del comando deseado y se oprime un botón del cursor. Es recomendable utilizar el modo POINT al trabajar en el área de comandos.

Existen dos tipos de comandos: los de control y los que ejecutan un programa.

#### Comandos de Control

**RESET.**- Tiene la misma función que CLEAR (Unidad de Control). En el display aparece la palabra MENU al inicio y la letra A en la posición 64 de éste (el display consta de 64 caracteres).

**MENU ON/OFF.**- Permite que el paquete de comandos pueda ser utilizada para digitalizar coordenadas. MENU ON es el único comando utilizable después de ejecutar MENU OFF.

**C ON/OFF.**- Deshabilita el paquete de comandos, la palabra COORDINATE aparece en el display. El digitalizador sólo enviará los pares de coordenadas por la interfaz RS-232 y no aparecerán en el display. La información es enviada en hexadecimal. El único comando disponible después de accionar C ON es C OFF.

**SEND.**- Si no trabaja en forma de coordenadas (C ON) cada vez que se ejecuta este comando se envía información por RS-232 en un arreglo de 64 caracteres ASCII (mismos que tiene el display). Cuando se está operando bajo este comando aparece una S en la posición 64.

**AUTO-SEND.**- La información es enviada por RS-232 en un arreglo de 64 caracteres ASCII cada vez que se digitaliza un punto. Aparece una A en la posición 64.

DIGITALIZADOR

R E S E T	A R E A	L E N G T H	S K E W	S E N D
A	B	C	D	A u t o
7	8	9	E	
4	5	6	=	1:50
1	2	3	-	1:20
0	.	CE	+	1/2
C o n	C o f	SCALE		1/4
MENU O N O F		X	Y	1/8

Figura 8  
Cuadro de Comandos

## DIGITALIZADOR

### Comandos que ejecutan un programa

**SKEW.** - El programa SKEW permite al usuario rotar los eje X-Y en el rango de 1 grado. Al ejecutar este programa en el display aparecerá DIGITIZE LEFT REFERENCE POINT, el usuario deberá digitalizar un punto en la tableta. A continuación en el display aparece DIGITIZE RIGHT REFERENCE POINT, se deberá digitalizar un punto a la derecha del anterior. Si la palabra SKEW aparece en el display, los puntos digitalizados describen una recta cuyo ángulo de inclinación está dentro del rango 1 grado y todos los puntos digitalizados a continuación serán referidos a los ejes rotados.

**SCALE.** - Si no se utiliza ninguna escala la resolución del digitalizador será de 0.1 mm y los resultados estarán dados en mm. Si se desea escalar los datos existen escalas son:

1. 1/2 (X y Y 2 veces)
2. 1/4 (X y Y 4 veces)
3. 1/8 (X y Y 8 veces)
4. 1:20 (X y Y 20 veces)
5. 1:50 (X y Y 50 veces)

En caso de digitalizar un número equivocado se puede utilizar CE (Clear Entry) lo que anula el último punto digitalizado. Cuando se termina de establecer el factor de escala para (X,Y), en el display aparecerá la palabra SCALE y los factores de escala tanto para X como para Y.

**LENGTH.** - El programa length acumula distancias de los puntos digitalizados hasta que se accione RESET, CE o "=". Al ejecutar LENGTH aparecerá en el display MENU LENGTH o MENU SCALE LENGTH en caso de utilizar factor de escala, en la posición 64 aparecerá una S (SEND) lo que significa que la información se enviará sólo cuando se accione SEND o "=".

**AREA.** - Este programa calcula el área delimitada por un perímetro. El usuario puede digitalizar cualquier curva y al seleccionar "=" el programa cierra la curva y calcula el área. Al digitalizar el área en el display aparece "MENU AREA =" o "MENU SCALE AREA =" y una S en la posición 64.

## DIGITALIZADOR

### ID RS-232C INTERFAZ DE COMUNICACION SERIE

El Digitalizador Inteligente consta de una interfaz de comunicación serial la cual transmite en serie los datos (X,Y) y las banderas de Status en caracteres ASCII standard.

Esta descripción es aplicable a la interface RS-232C Assembly P/N 05-303 usando tarjetas P/N 02 119 Rev. A con dos switches DIP de 8 posiciones.

La interfaz RS-232C tiene dos EIA-RS232C standard con conectores hembras de 25 pines en el panel trasero. (Fig. 9)

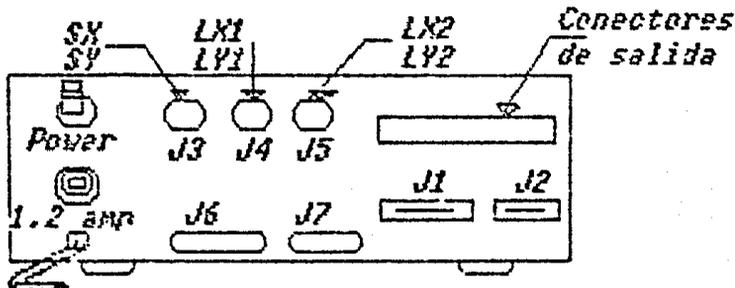


Figura 9  
Conectores del panel trasero

El digitalizador puede transmitir a una terminal y una computadora (modem) a la vez, encendiendo el switch de ECHO (SW 2 posición 6). Con el ECHO encendido, las coordenadas (X,Y) serán impresas en la terminal. Esta se puede conectar sola por medio de la configuración "stand alone".

La interfaz RS-232C tiene un switch (TTY) de 20 ma en el conector J12. Los pines A y B son los switches de salida. Este usa un cambio de estado de operación máximo de 19,200 bauds.

TTY  
J12

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| A | = + Loop                       |
| B | = - Loop                       |
| C | = Gnd                          |
| D | = + 10V @ 20 ma., Max R = 400Ω |

C-20

## DIGITALIZADOR

### Parte Mecánica

La interfaz RS-232 tiene un tamaño físico de 5" x 3.5", el cual está montado dentro del controlador en la parte superior de la tarjeta principal. Tiene tres conectores de salida, los cuales están montados en el panel trasero del digitalizador y 2 switches de programación para la velocidad de transmisión.

### PRGMS (Programmable Read Only Memory)

El formato de salida es controlado por el programa residente en la interfaz RS-232. El programa standard es RSOB. Los datos de 16 bits X o Y son transmitidos como 4 números y letras ASCII, los cuales representan el valor equivalente de 4 bit Hexadecimales.

La interfaz normalmente transmite caracteres ASCII con paridad par y dos bits de stop.

#### Formato de transmisión

Start	bit	bit	bit	bit	bit	bit	Parity	Stop	Stop
	1	2	3	4	5	6	7		
	LSB						MSB		

La conexión entre el digitalizador y una computadora se puede realizar sin modem, utilizando líneas de transmisión, recepción, y de control, en el orden que satisfaga el "handshaking" de la computadora.

**APENDICE D**  
**EQUIPO AUXILIAR**

Aquí se menciona brevemente el funcionamiento del equipo auxiliar que se empleo para la realización del ~~PAI~~.

## EQUIPO AUXILIAR

### D.1 Microscopio.

Es un instrumento óptico destinado a observar de cerca objetos extremadamente diminutos. La combinación de sus lentes produce el efecto que lo que se mira aparezca con dimensiones extraordinariamente aumentadas, haciéndose perceptible lo que no lo es a la simple vista.

El Microscopio Compuesto consta de varias lentes o sistemas de ellas, unas situadas cerca del objeto (objetivo) y otras cerca del ojo del observador (ocular). La primera da una imagen real o invertida del objeto y la segunda una imagen virtual ampliada de la real.

### D.2 Microscopio Electronico.

Este utiliza en vez de rayos luminosos un haz de electrones producidos por un tubo catódico. Su poder de ampliación es hasta de doscientas mil veces superior al del microscopio óptico. Esto permite obtener una imagen en la pantalla fluorescente o placa radiográfica.

### D.3 Portaobjeto y Cubreobjeto.

El *portaobjeto* Es una lámina de vidrio rectangular que lleva la preparación microscópica, la cual es cubierta por otra lámina más fina, pequeña y circular o cuadrada, el cubreobjeto. Y es una pieza del microscopio, o lámina adicional en que se coloca el objeto para observarlo.

El *cubreobjeto* es una lámina delgada de cristal, cuadrada, rectangular o circular, con que se cubren las preparaciones microscópicas para su conservación y examen.

### D.4 Micrótopo.

Instrumento que en los laboratorios de microscopia sirve para hacer secciones o cortes delgadísimo de tejidos o fragmentos convenientemente preparados. Existe de él varios modelos, pero en uno de los que se emplean más generalmente la hoja cortante es fija y la pieza portaobjetos es móvil y regulada por un tornillo micrométrico.

### D.5 Micrómetro.

Es un instrumento, aparato o artificio óptico y mecánico destinado a medir cantidades lineales o angulares muy pequeñas.

## EQUIPO AUXILIAR

### D.6 Proyector de Laminillas.

Este es un aparato que sirve para proyectar imágenes ópticas. Con este se obtiene un haz luminoso de gran intensidad, con el cual se proyecta la imagen. Al igual que un microscopio, este tiene un revólver para la elección de los lentes de aumento y así con el haz luminoso, el lente de aumento y un portaobjeto con una preparación microscópica, se proyectará la preparación hacia la tableta digitalizadora.