

27



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

RADIOLOGÍA BASICA EN CANINOS  
Y FELINOS DOMESTICOS  
(RECOPIACIÓN BIBLIOGRAFICA)

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA  
P R E S E N T A:  
**JOSE JUAN HERRERA CERMEÑO**

ASESOR:  
MVZ. ENRIQUE FLORES GASCA  
MC. GUILLERMO VALDIVIA ANDA

2000



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN Q. Ma del Carmen Garcia Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlan

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicarle a usted que revisamos la TESIS  
"Radiología Básica en Caninos y Felinos Domésticos (Recopilación Bibliográfica)".

que presenta el pasante José Juan Herrera Cermeño  
con número de cuenta 9014422-0 para obtener el TÍTULO de  
Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlan Izcaih, Edo de Mex. a 10 de julio de 2000

PRESIDENTE	M.V.Z. Fernando Melesio Viniegra Rodríguez
VOCAL	M.V.Z. Gerardo Garza Malacara
SECRETARIO	M.V.Z. Enrique Flores Gasca
PRIMER SUPLENTE	M.V.Z. Sandra Luz Robies Monroy
SEGUNDO SUPLENTE	M.V.Z. José Luis Zamora Guzmán

**A MIS PADRES**

**CON CARIÑO**

**A ENRIQUE FLORES**

**MI MAESTRO**

# INDICE

<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>3</b>
<b>II. GENERALIDADES.....</b>	<b>6</b>
1 HISTORIA.....	6
2 LOS RAYOS X.....	7
<b>III. FORMACION DE LOS RAYOS X.....</b>	<b>9</b>
1. TUBO DE RAYOS X.....	9
2. HAZ DE RAYOS X.....	14
3. FORMACION DE LA RADIACION.....	15
4 EFECTO "TALON".....	17
5 LIMITADORES DEL HAZ DE RAYOS X.....	19
<b>IV. RADIACION DISPERSA O SECUNDARIA.....</b>	<b>21</b>
1. DISPERSION COHERENTE O CLASICA.....	21
2. ABSORCION O EFECTO FOTOELECTRICO.....	21
3 EFECTO COMPTON.....	21
4 REDUCCION DE LA RADIACION DISPERSA.....	23
5 FACTOR POTTER-BUCKY.....	24
<b>V. FORMACION DE LA IMAGEN.....</b>	<b>26</b>
1. VARIABLES DE EXPOSICION.....	26
2. ABSORCION DIFERENCIAL.....	28
3 DENSIDADES RADIOLOGICAS BASICAS.....	28
4. GEOMETRIA RADIOLOGICA.....	29
5 AMPLIFICACION Y DISTORSION.....	31
6 IMAGEN TRIDIMENSIONAL.....	31
7. EFECTO DE ADICION O SUMA.....	33
8. EFECTO SILUETA.....	33
<b>VI. PELICULA RADIOGRAFICA.....</b>	<b>34</b>
1 PELICULA.....	34
2. TIPOS DE PELICULAS.....	35
3. VELOCIDAD DE LAS PELICULAS.....	36
4 LATITUD DE LA PELICULA.....	36
5. TAMAÑO DE LAS PELICULAS.....	37
6 ALMACENAMIENTO.....	37
<b>VII. PANTALLAS INTENSIFICADORAS.....</b>	<b>38</b>
1. TIPOS DE PANTALLAS.....	39
2 FACTOR DE INTENSIFICACION.....	39
3 VELOCIDAD DE LAS PANTALLAS.....	40
4. CONTACTO PELICULA-PANTALLA.....	40
5 CUIDADO DE LAS PANTALLAS.....	40
6 COMBINACIONES PELICULA PANTALLA.....	41
<b>VIII. CHASIS O CASET.....</b>	<b>43</b>

<b>IX. IDENTIFICACION DE LAS RADIOGRAFIAS.....</b>	<b>45</b>
1. TIPOS DE MARCADORES . . . . .	45
2. IDENTIFICACION DE POSICION Y PROYECCION. ....	46
<b>X. CUARTO OSCURO.....</b>	<b>47</b>
1. AREA SECA . . . . .	47
2. AREA HUMEDA . . . . .	47
3. LUZ DE SEGURIDAD ....	48
4. PROCESO DE REVELADO. . . . .	50
<b>XI. CALIDAD DE LA RADIOGRAFIA.....</b>	<b>55</b>
1. DENSIDAD RADIOGRAFICA . . . . .	55
2. CONTRASTE RADIOGRAFICO.. . . .	55
3. DETALLE O DEFINICION RADIOGRAFICA ....	58
4. DISTORSION.....	58
5. ERRORES TECNICOS DEL REVELADO MANUAL....	59
<b>XII. SEGURIDAD RADIOLOGICA.....</b>	<b>62</b>
1. EFECTOS SOBRE EL DNA . . . . .	62
2. EFECTOS SOBRE LA CELULA . . . . .	63
3. EFECTOS SOBRE EL INDIVIDUO.. . . .	63
4. RADIOSENSIBILIDAD Y RADIORESPONSIVIDAD ..	64
5. RADIOPROTECCION.. . . .	65
<b>XIII. PRINCIPIOS DE INTERPRETACION RADIOLOGICA.....</b>	<b>70</b>
<b>XIV. PROYECCIONES RADIOGRAFICAS.....</b>	<b>73</b>
1. NOMENCLATURA.. . . .	73
2. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE CRANEO.....	74
3. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE COLUMNA . . . . .	79
4. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE PELVIS . . . . .	84
5. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE MIEMBRO TORACICO . . . . .	86
6. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE TORAX . . . . .	90
7. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE ABDOMEN.....	92
8. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE MIEMBRO PELVIANO.. . . .	94
<b>XV. APENDICE I .....</b>	<b>97</b>
<b>XVI. APENDICE II .....</b>	<b>102</b>
<b>XVII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>104</b>

# I. INTRODUCCION

Dentro de la practica diaria de la clínica de pequeñas especies se presentan infinidad de casos clínicos en los que es necesaria la utilización de diversos sistemas de diagnóstico, uno de ellos, y que sin lugar a dudas ha colaborado más en el desarrollo de la Medicina Veterinaria en este último siglo es la Radiología (2, 5, 10).

La radiología es la rama de la medicina que trata de la aplicación terapéutica de la energía radiante y el diagnóstico o estudio de enfermedades a través de imágenes radiográficas (7, 9, 11). Desde que se expuso la primera placa radiográfica pasó a ser parte integral de la Medicina Veterinaria por proveer de una representación gráfica de una gran diversidad de patologías, pronósticos y respuestas a varios tratamientos (3, 5, 8) Además cada día se desarrollan procedimientos radiográficos más especializados, por lo que el valor de los exámenes radiográficos no ha sido suplantado en más de 60 años (3).

Sin embargo antes de realizar cualquier estudio radiográfico es necesario que un Médico examine al paciente y determine la posible causa de su o sus problemas. Solo después de esto es posible decidir si es o no necesario un estudio radiográfico (6). Una vez realizado el examen clínico exhaustivo del paciente es necesario que una persona calificada se encargue de realizar el estudio indicado. a esta persona se le denomina Radiólogo. El Radiólogo puede ser un Médico o cualquier persona calificada por aprendizaje que se especializa en el diagnóstico de enfermedades, terapéutica e investigación médica a través del estudio de imágenes tales como. Rayos X, Ultrasonido, Resonancia Magnética, Mamografías, Medicina Nuclear, Tomografía Axial Computarizada (7,11).

Además la practica radiológica competente presupone la habilidad de obtener placas radiográficas de buena calidad; estar familiarizado con los principios básicos radiológicos es un



prerrequisito para un buen Radiólogo (1, 4)

Para adquirir los conocimientos necesarios para el correcto desempeño de la Radiología, tanto el estudiante de Medicina Veterinaria como el Médico Veterinario cuentan con un gran número de referencias previas a este trabajo, por ejemplo: el Manual de Principios Básicos de Radiología en Pequeñas Especies (Caninos y Felinos) (20), Tesis de licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en el que se aborda de manera amplia la historia de la radiología, se ilustran las principales proyecciones radiográficas, se menciona también el descubrimiento del átomo y, a partir de ello, el descubrimiento de los rayos X, el texto escrito por Hernández en 1991, representa una buena fuente de consulta, pero deja al descubierto aspectos importantes como la seguridad radiológica, la descripción precisa del funcionamiento del aparato de rayos X, las películas radiográficas, las pantallas intensificadoras así como el proceso de revelado.

Otra fuente de consulta interesante es el Manual de Anatomía Radiográfica de la Columna Vertebral del Perro (7), Tesis de licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, que como su nombre lo dice es excelente en cuanto a la descripción de la anatomía de la columna vertebral y de las proyecciones radiológicas necesarias para su estudio, sin embargo, en este trabajo escrito por Bronsoiler en 1996, no se hace hincapié en la utilización de pantallas de baja velocidad para una mejor definición ni describe de manera detallada la correcta utilización de las variables de exposición

Caso similar al anterior es el del Manual de Anatomía Radiológica de la Cadera y Rodilla del Perro (15), Tesis de licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, descripción excelente de las proyecciones radiográficas de esa zona anatómica y la interpretación de las radiografías obtenidas de la misma, pero no nos dice como obtener técnicamente dichas radiografías. Otras fuentes de consulta son los Manuales del Miembro Torácico del Perro Adulto (21) y de los

Huesos de la cabeza del Perro Adulto (13). todos ellos Tesis de licenciatura de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, que si bien no proveen de la información técnica suficiente para la obtención de placas radiográficas de calidad, constituyen una fuente de consulta especializada por regiones anatomicas específicas

Por todo lo anterior se crea la necesidad de proporcionar una fuente de información actual y perfectible a futuro, que llene los pequeños huecos que han dejado trabajos anteriores y que sirva a todas aquellas personas interesadas en el área de Radiología en Pequeñas Especies como guía para el correcto ejercicio de su profesión

En el presente trabajo se pretende cumplir con el objetivo mencionado anteriormente, se abarcan en el los principios físicos de la producción de rayos X, sus interacciones con la materia, sus efectos. la protección contra la radiación y sus aplicaciones prácticas, es decir, la obtención de radiografías de calidad Al final se presentan a manera de apéndices los principios básicos de interpretación radiológica de dos de los principales órganos afectados dentro de la práctica médica de Pequeñas Especies. Hígado y riñones

## II. GENERALIDADES

### I HISTORIA

A finales del siglo XIX, los científicos descubrieron continuamente nuevos fenómenos físicos, muchos de estos descubrimientos surgieron a partir de los rayos catódicos. En 1895, Wilhem Konrad Roentgen (1845-1923) trabajando en su laboratorio con rayos catódicos se dio cuenta que la mano de su esposa había quedado “impresa” por accidente en papel fotográfico, al estudiar el fenómeno encontró que los rayos catódicos al chocar contra ciertos materiales emiten un nuevo tipo de rayo invisible. Estudiando sus propiedades comprobó que se trataba de una radiación sin carga ni masa, que producía fluorescencia sobre determinadas sustancias y que efectivamente impresionaba las placas fotográficas. Recibió el premio Nobel de física en 1901 por descubrir lo que él llamó **Rayos X**, por denominarse con ese símbolo los valores desconocidos de las matemáticas (2, 3, 8, 16, 28, 36, 42, 43, 50).

A partir de entonces la Radiología creció a pasos agigantados, se sabe por ejemplo que la primera angiografía se realizó en 1896, un año después del descubrimiento de los Rayos X (43). La primera aplicación de la Radiología en México se llevó a cabo el 29 de octubre de 1896 y la llevó a cabo el Dr. Tobias Nuñez sin que conste registro alguno de que tipo de examen se trató (20). En cuanto a la radiología aplicada a la Medicina Veterinaria uno de los primeros trabajos que existió fue el del MVZ Cuauhtémoc Hidalgo, publicado en la Revista de Medicina Veterinaria en mayo de 1962, trata de la Radiología en forma muy general y recomienda su uso en animales, además aparecen publicadas algunas radiografías obtenidas por el MVZ. Augusto Marique, en ese entonces jefe de Clínicas en la Escuela de Medicina Veterinaria (20).

## 2 LOS RAYOS X

Los rayos X son una forma de radiación electromagnética (RE) de elevada energía (otras formas de RE incluyen los rayos gamma, los rayos ultravioleta, la luz visible, los rayos infrarrojos, las microondas y las ondas de radio y televisión)(Fig. 1). Todas las formas de RE se mueven a través del vacío a una velocidad de  $29979250 \times 10^8$  m/s (vel de la luz) La única diferencia entre ellas es su longitud de onda, los rayos X tienen una longitud de onda extremadamente corta y se expresa en Angstroms (Å) ( $1 \text{ Angstrom} = 10^{-10} \text{ m}$ ). En Medicina Veterinaria la longitud de onda utilizada en el diagnóstico es de 0.1 a 0.5 Angstroms (2, 8, 16, 19, 27, 37, 45, 50).

### 2.1 PROPIEDADES

A los rayos X se les aplican tanto las propiedades generales de las ondas como las correspondientes a las radiaciones electromagnéticas

a) En cuanto a su naturaleza

- Se propagan en línea recta
- Son invisibles
- Longitud de onda corta
- Frecuencia alta (longitudes de onda que pasan por un punto determinado en 1 segundo)
- Dispersados por los materiales que atraviesan
- Muy penetrantes

b) En cuanto a sus efectos

- Producción de iones en la materia
- Fluorescencia, emiten luz visible cuando inciden sobre ciertos materiales
- Efectos químicos, de interés en la industria y dosimetría (efecto fotográfico, placa radiográfica).
- Efectos biológicos, que conducen a alteraciones patológicas o a efectos terapéuticos (12, 25, 45)

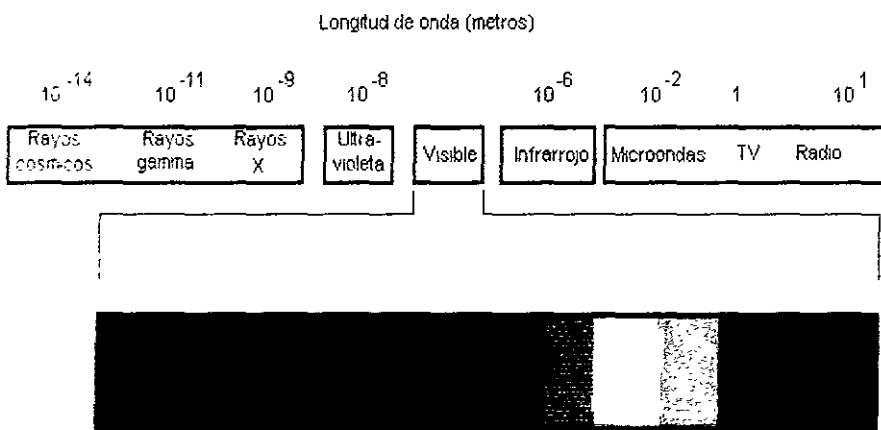


Fig 1 Longitudes de onda de la radiación electromagnética características de varias regiones del espectro electromagnético (Modificado de Brown, 1993).

### III. FORMACION DE LOS RAYOS X

#### 1 TUBO DE RAYOS X

El tubo de rayos X consiste en un tubo de vidrio al alto vacío de 1.4 mm de grosor, en el que se colocan en sus extremos dos electrodos, uno con carga eléctrica negativa, al cátodo (-) y el otro con carga eléctrica positiva, el ánodo (+). Este tubo a su vez está recubierto por una envoltura hermética de plomo (1, 2, 3, 16, 29)

##### 1.1 CATODO

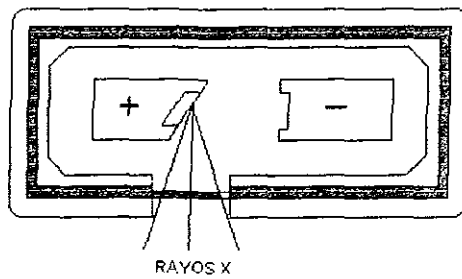
Es el lado eléctricamente negativo del tubo, consta de un filamento en espiral hecho de tungsteno o tungsteno-renio (por su punto de fusión tan alto, 3410 °C) extremadamente fino de unos 0.2 mm de diámetro y de 10 a 20 mm de longitud. Este filamento se encuentra incluido en una especie de surco, cavidad o focalizador hecho de molibdeno (alto punto de fusión y mal conductor del calor) para que el haz de electrones ( $e^-$ ) salgan focalizados hacia una pequeña porción del ánodo y no hacia todas direcciones. Algunos aparatos cuentan con dos tamaños de filamento (fig. 4). Ambos extremos del cátodo sobresalen al exterior, uno de ellos se conecta al polo negativo del generador de alta tensión y ambos al transformador de alta energía (generador de baja tensión), este último calienta el filamento hasta cerca de los 2000 °C ocasionando que los  $e^-$  se alejen del núcleo del átomo formando una especie de nubes de  $e^-$  alrededor del filamento, efecto conocido como Emisión Termiónica. El número de  $e^-$  producidos depende de la temperatura del filamento que a su vez está controlada por el miliamperaje (mA) (1, 4, 11, 12, 16, 19, 25, 34, 50).

##### 1.2 ANODO

Es la parte eléctricamente positiva del tubo de rayos X. Existen de dos tipos: el fijo y el giratorio.

1.2.1 ANODO FIJO. Consiste de una pequeña placa de tungsteno en forma de rectángulo o disco de 2 a 3 mm<sup>2</sup> y de 1 mm de espesor empotrada en un cilindro de cobre (para disipar el calor), con una angulación que va desde los 15 hasta los 22.5°. Este tipo de ánodo tiene un rendimiento más corto que el giratorio, ya que esta sometido a un desgaste continuo en la misma superficie, afectando progresivamente la concentración de rayos X (fig. 2) (1, 4, 12, 34, 47)

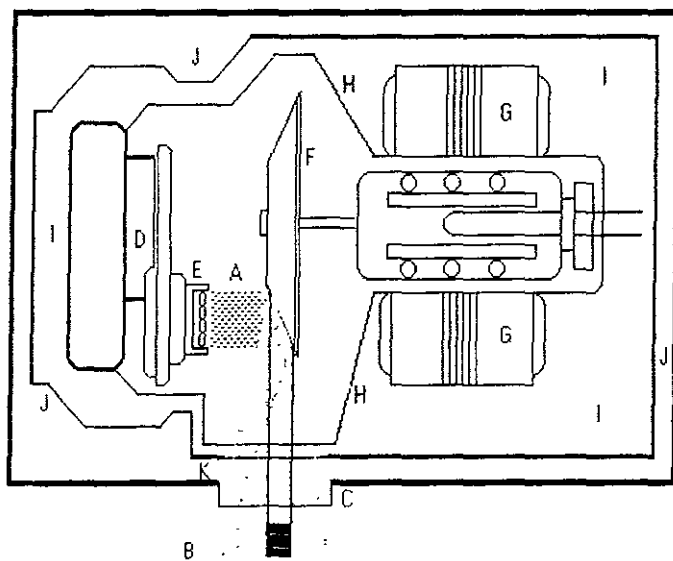
1.2.2 ANODO GIRATORIO O ROTATORIO. Este consiste en una placa o disco de molibdeno con una aleación de tungsteno o tungsteno-renio en el borde del mismo que representa toda el área posible de choque de los e<sup>-</sup> provenientes del cátodo, esta colocada con una inclinación de 10 a 18°. Esto representa una mayor durabilidad del tubo por repartir en una zona más extensa el desgaste y disipar mas eficientemente el calor. Un motor de inducción que se encuentra fuera del tubo de vidrio es el que proporciona el movimiento al ánodo que va de 2700 a 3600 r.p.m , alcanzando hasta 10500 r p m en aparatos con ánodos de alta velocidad (fig 3 y 4) (12, 34).



- |                      |               |
|----------------------|---------------|
| □ TUBO DE VIDRIO     | + ANODO       |
| ■ ACEITE             | - CATODO      |
| □ ENVOLTURA DE PLOMO | 1 FILAMENTO   |
|                      | 2 FOCALIZADOR |

Fig 2 Tubo de rayos X con ánodo fijo (Modificado de Watters, 1994)





- A Haz de electrones incidentes
- B. Haz de rayos X
- C Filtro
- D. Cátodo
- E Focalizador con Filamento
- F. Anodo giratorio
- G Motor inductor
- H Tubo de vidrio
- I Aceite
- J Envoltura de plomo
- K Ventana

Fig 3 Tubo de rayos X con ánodo giratorio (Modificado de Douglas, 1987)

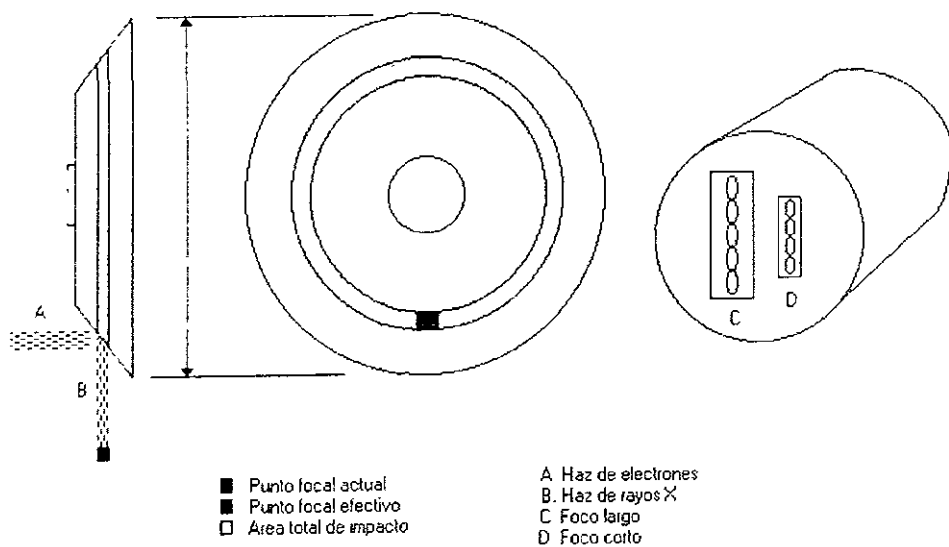


Fig 4 Detalles de Anodo giratorio y Cátodo con dos tamaños de filamento

### 1.3 PUNTOS FOCALES ACTUAL Y EFECTIVO

El punto focal actual es el área del ánodo que es bombardeada por el haz de  $e^-$  para producir los rayos X. Su tamaño está determinado por la longitud del filamento del cátodo, el tamaño y forma del focalizador y la posición del filamento en el focalizador. La angulación del ánodo provoca un cambio en el tamaño del haz de rayos X conocido como Punto Focal Efectivo que es más pequeño que el anterior. A este efecto se le conoce como principio de Goetze o de foco-línea (fig. 4). En los aparatos modernos se busca que el punto focal sea lo más pequeño posible ya que esto favorece la nitidez. Sin embargo hay que tomar en cuenta que ello implica una concentración de calor en una zona más pequeña (4, 34, 36, 47).

## 2 HAZ DE RAYOS X

### 2.1 SEPARACION DE ELECTRONES

Los  $e^-$  son partículas elementales negativas que orbitan en niveles alrededor del núcleo, se mantienen cerca de él por la atracción positiva de los protones y por la fuerza centrífuga de su órbita. Al calentar el filamento del cátodo los  $e^-$  comienzan a moverse más rápidamente venciendo la fuerza centrífuga y la atracción positiva de los protones provocando una emisión termiónica (8).

### 2.2 PRODUCCION DE ELECTRONES DE ALTA VELOCIDAD

Miles de voltios son aplicados a cada lado del tubo de rayos X, el ánodo y el cátodo, el voltaje no fluye a través del tubo pero permanece a ambos lados, creando un poderoso magnetismo que atrae el haz de  $e^-$  del filamento hacia el punto focal actual a una velocidad variable dependiendo del kilovoltaje aplicado (25). Cuando los  $e^-$  se impactan contra el ánodo son detenidos abruptamente y su energía cinética se convierte en aproximadamente 99.8% de calor (disipado por el aceite que se encuentra entre el tubo de vidrio y el recubrimiento de plomo) y 0.2% de rayos X o fotones (25, 47).

### 3 FORMACION DE LA RADIACION

Cuando el haz de  $e^-$  es disparado a través del tubo de rayos X es conocido con el nombre de Radiación Corpuscular o de Partículas, esta radiación es la que interactúa con el material de la tarjeta (ánodo) para formar los rayos X por medio de dos procesos:

En el primero de ellos el  $e^-$  incidente (proveniente del cátodo) pasa cerca del núcleo de un átomo de tungsteno (ánodo), siendo desacelerado rápidamente por la atracción positiva de los protones del núcleo. el  $e^-$  frenado cambia de dirección perdiendo en parte o en su totalidad su energía cinética emitiéndola en forma de un fotón (energía electromagnética). A este proceso se le denomina RADIACIÓN GENERAL O DE FRENADO (fig. 5 A) El segundo proceso resulta del choque de un  $e^-$  incidente con un  $e^-$  en órbita del ánodo, el segundo es expulsado de su órbita con el impacto dejando un lugar vacío en ese orbital. Este espacio es llenado rápidamente por otro  $e^-$  de un orbital adyacente del mismo o diferente átomo o por un  $e^-$  libre, liberándose en este paso un fotón. La energía del fotón liberado es igual a la diferencia que existe entre la energía del  $e^-$  expulsado la energía del  $e^-$  que lo reemplaza. A este tipo de radiación se le denomina CARACTERÍSTICA O EN LÍNEA (fig. 5 B). La gran mayoría de las veces, en ambos procesos el  $e^-$  incidente continúa su viaje aun después de frenado o del choque, liberando de esta manera más fotones pero con menos energía, produciendo lo que se conoce como haz primario de rayos X heterogéneo, heterocromático o policromático (2. 12).

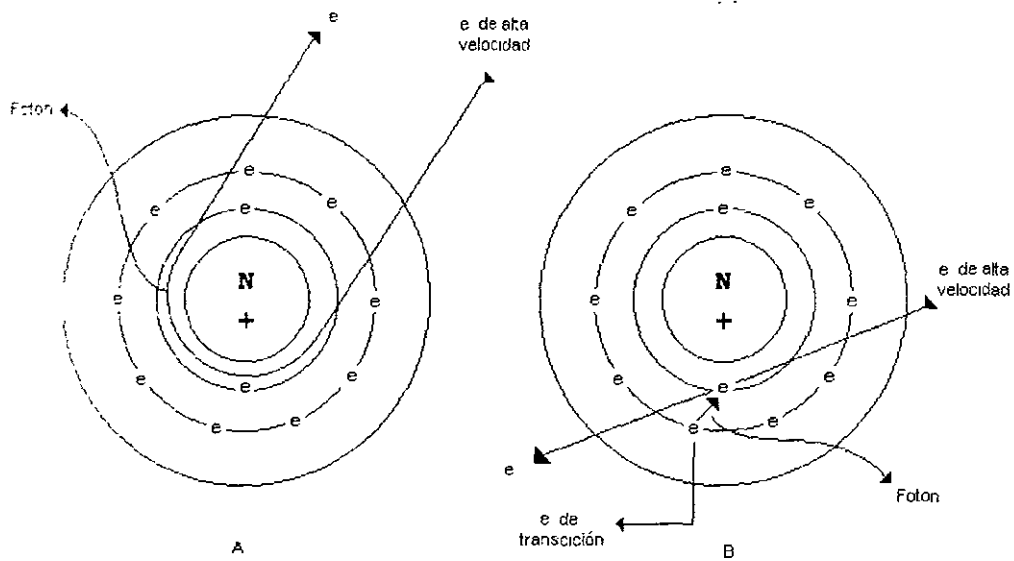


Fig 5 Radiaciones: A) General, B) Característica  
 N= Núcleo, e= electrónes

### 3.1 FILTRACION

El haz primario de rayos X que se produce a partir del ánodo no tiene una energía equitativa en todos sus fotones, ya que tienen un espectro de energía muy variable. Muchos de ellos tienen una energía tan baja que se absorben a baja distancia de haber penetrado la piel del paciente, lo que contribuye a aumentar la dosis recibida por el paciente y por el personal, y a no alcanzar la película radiográfica. Este tipo de radiación se conoce como Radiación Blanda o Suave y para eliminarla hay que someterla a un proceso de filtración. La FILTRACION es el proceso de incrementar la energía efectiva del haz de rayos X haciéndolo pasar a través de un absorbente antes de que llegue al paciente (34, 47). A su vez la Filtración se divide en inherente y adicional:

La Filtración Inherente es proporcionada por la pared del tubo de vidrio, el aceite aislante que está alrededor del tubo y la cubierta de la ventana del tubo por donde emergen los rayos X.

La Filtración Adicional es la proporcionada por un filtro de aluminio que es colocado después de la ventana (fig. 3), esta absorbe los fotones de baja energía y algunos de alta energía, incrementando la calidad del haz pero disminuyendo su intensidad (fig. 6)

### 4 EFECTO "TALON" (HEEL EFFECT)

La intensidad que tienen los rayos X que salen del tubo no es la misma en toda la extensión del haz. La intensidad del haz es mayor hacia el lado del cátodo, esto debido a que la tarjeta absorbe una pequeña parte de los rayos X, este fenómeno recibe el nombre de Efecto "Talón", el efecto es solo visible en aparatos con tarjetas que tienen una inclinación mayor de 15°, cuando se utilizan películas radiográficas grandes, bajos kilovoltajes y la distancia foco-película es corta. En el pasado para contrarrestar este efecto, se colocaba la parte de más grosor del lado del cátodo, actualmente con los sistemas película-pantalla rápidos es poco común observarlo y la colocación del paciente no es tan importante (fig. 6) (34)

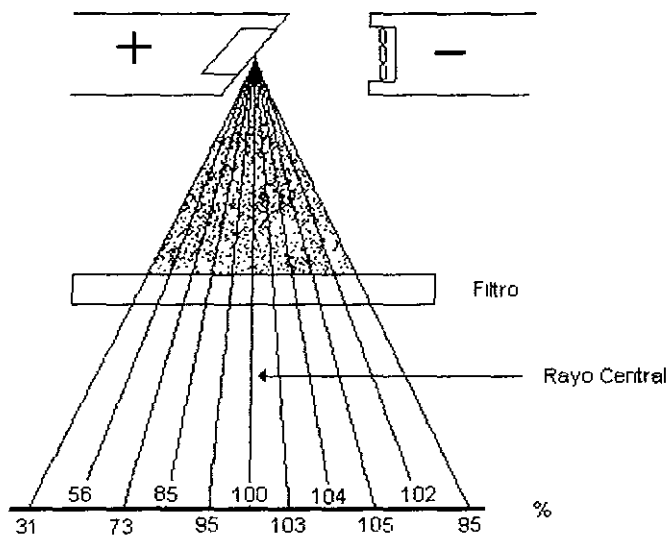


Fig 6 Efecto Talón y Filtración de los Fotones de baja energía

## 5 LIMITADORES DEL HAZ DE RAYOS X

El haz que emerge del tubo de rayos X a través de la ventana viaja de manera divergente y es capaz de extenderse de una manera muy amplia. Por ello es necesario incorporar a los aparatos de rayos X algunos aditamentos para reducir la divergencia al mínimo necesario para cubrir el área a examinar, reducir la exposición del paciente, disminuir la radiación secundaria, minimizar la distorsión geométrica y reducir la exposición de cualquier persona que este involucrada durante la emisión de rayos X (42). Existen básicamente tres tipos de limitadores:

- Conos o cilindros de plomo, son de tamaño fijo, se colocan inmediatamente después de la ventana del tubo
- Diafragmas, son hojas de plomo con aperturas centrales de formas rectangulares, cuadradas o circulares de tamaño fijo
- Colimadores, son cuatro o más persianas de plomo ajustables en forma y tamaño, este tipo de limitador tiene una luz integrada para visualizar mejor el campo del haz primario (fig. 7) (1, 2, 47)



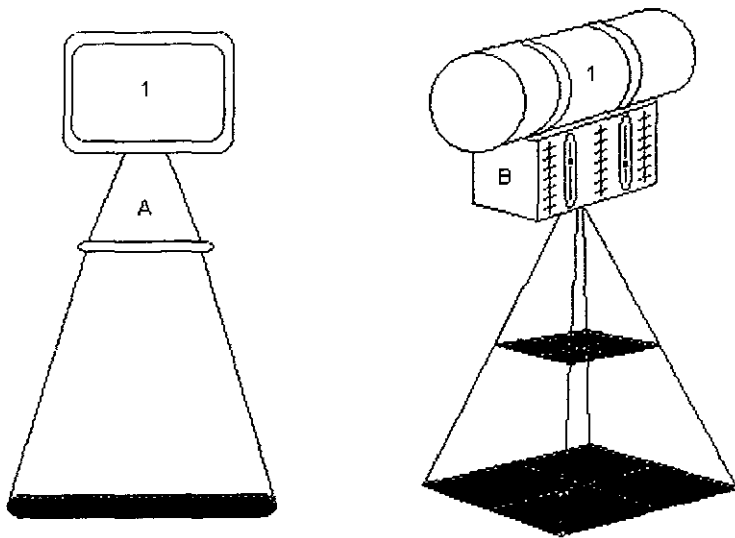


Fig. 7. Limitadores del Haz: A) Cono, B) Colimador  
1) Tubo de Rayos X

## IV. RADIACION DISPERSA O SECUNDARIA

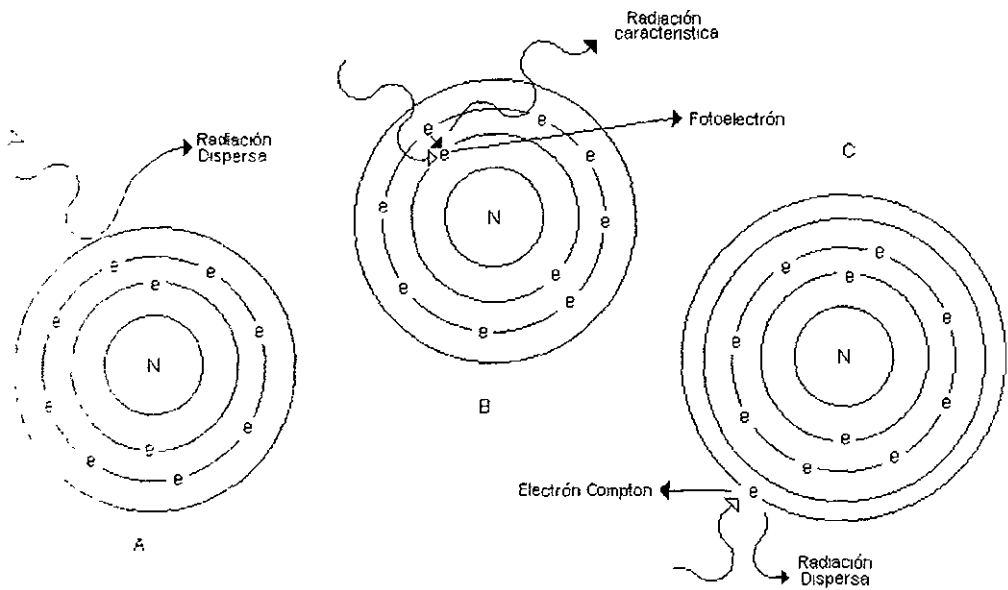
Una vez que los fotones del haz primario salen del tubo de rayos X, producen al interactuar con la materia la Radiación Secundaria o Dispersa por medio de tres procesos: la Dispersión Coherente, la Absorción o Efecto Fotoeléctrico y el Efecto Compton (30, 32).

1 DISPERSION COHERENTE O CLASICA. Ocurre cuando un fotón incidente de poca energía interactúa con un átomo del medio causándole excitación o vibración, el átomo regresa rápidamente a su estado original emitiendo radiación en forma de un fotón con la misma energía y longitud de onda que el  $e^-$  incidente, pero con una trayectoria diferente, este proceso tiene poca significancia médica (fig 8 A) (12).

2 ABSORCION O EFECTO FOTOELECTRICO. Es el proceso más importante de interacción, ocurre cuando un fotón incidente choca con un  $e^-$  interno usando toda su energía para expulsarlo de su órbita. El  $e^-$  expulsado recibe el nombre de Fotoelectrón y ioniza otros átomos produciendo calor. El espacio vacío dejado por el Fotoelectrón es llenado por un  $e^-$  de una órbita adyacente liberando un fotón en el proceso (Radiación Característica), produciendo imágenes radiográficas de calidad. Sin embargo también es el proceso del que más se recibe radiación porque toda la energía del  $e^-$  incidente es absorbida por el paciente (fig. 8 B) (46)

3 EFECTO COMPTON. En este proceso el fotón incidente interactúa con un  $e^-$  de las capas más externas del átomo sacándolo de su órbita, cediéndole parte de su energía y continuando su viaje como radiación dispersa con menos energía y con una nueva trayectoria, la mayoría de la radiación dispersa en un estudio radiográfico proviene de esta interacción (fig 8 C) (46)

Existen otras dos formas de Radiación dispersa de poca importancia radiológica. El primero de



F.9 Tipos de Radiación Secundaria: A) Dispersión Clásica, B) Efecto Fotoeléctrico, C) Efecto Compton  
 ▽ Fotón Incidente    ◀ Resultado de la Interacción

ellos se denomina Producción de Pares, en el que fotones de alta energía interacciona con el núcleo del átomo formando un par de  $e^-$ ; el segundo es la Fotodesintegración, en el, una parte del núcleo es expulsado por un fotón de alta energía (un neutrón, un protón o una partícula alfa), estos procesos no ocurren en el rango de energía de los rayos X (44).

#### 4 REDUCCION DE LA RADIACION DISPERSA

La radiación dispersa se incrementa cuando el valor del kilovoltaje se eleva con el fin de conseguir penetrar tejidos de gran densidad o grosor. Esto nos da como resultado una radiografía de mala calidad, ya que se produce una imagen borrosa. En estos casos los limitadores del haz de rayos X son pocos útiles, ya que la principal fuente de radiación dispersa es la porción anatómica irradiada (19, 44).

Bajo estas circunstancias la radiación dispersa no puede ser eliminada completamente, pero si puede ser reducida al mínimo, para ello se utiliza una Gradilla, Rejilla o Antidifusor (34, 50).

#### 4.1 REJILLA

Una Rejilla es una placa que contiene una gran cantidad de finas laminillas de plomo (de 24 hasta 40 por cm), de unos 0.05 cm de espesor, en dirección paralela al haz de radiación, englobadas en un material radiolúcido (plástico, aluminio o fibra). De esta forma se constituye una rejilla que solo deja pasar la radiación entre las laminillas de plomo absorbiendo todos los rayos que incidan en dirección oblicua. La rejilla, sin embargo, no solo reduce significativamente la radiación dispersa que llega a la película, sino también atenúa parte de la radiación primaria, por esta razón el uso de la rejilla presupone un aumento en el valor del miliamperaje por segundos (mAs) (2, 4, 19, 50).

#### 4.2 RELACION O PROPORCION DE LA REJILLA

La proporción de la rejilla se refiere a la relación que existe entre la altura de las laminillas de plomo y el espacio que existe entre ellas, por ejemplo, una rejilla con laminillas de 2.5 mm de alto y

0.5 mm de espesor entre cada una de ellas tiene una proporción de 5:1. Entre más grande sea la proporción, más eficiente es la rejilla por absorber más la radiación dispersa, pero también absorbe más radiación primaria y es necesario aumentar el mAs, generalmente su valor aumenta de 2.5 a 3 veces (Factor Rejilla) (19).

#### 4.3 TIPOS DE REJILLAS

Existen básicamente cuatro tipos de rejillas:

- Rejilla Paralela o Perpendicular. Las laminillas están colocadas perpendicularmente a la superficie de la mesa.
- Rejillas Enfocadas o Focalizadas. Las laminillas están colocadas en ángulos crecientes de acuerdo a la divergencia de los rayos X.
- Rejillas Lineales. Las laminillas están colocadas paralelamente una con otra y a su vez son paralelas a la parte más larga de la mesa.
- Rejillas Cruzadas. Son dos rejillas lineales colocadas una sobre otra, de tal manera que se forman con ambas rejillas ángulos de  $90^\circ$ . Este tipo de rejilla absorbe más radiación que las anteriores (fig 9) (1. 19).

#### 5 FACTOR POTTER-BUCKY

Una rejilla puede ser fija o tener movimiento. Las rejillas producen un efecto de líneas en las radiografías que no se aprecian en las rejillas con movimiento. Los factores de exposición deben de ser aumentados por la inevitable absorción de parte de la radiación primaria. Para realizar una radiografía con una rejilla en movimiento, se necesita una fuerza eléctrica o mecánica, el movimiento de la rejilla es también conocido como Bucky, bandeja Bucky, Diafragma Bucky o Diafragma Potter-Bucky (por Gustave Bucky, que construyó la primera rejilla y por Hollis E. Potter, el primero en darle movimiento).

El factor Potter-Bucky se refiere a la alteración que debe sufrir la técnica radiográfica por la absorción del 20 al 30% de radiación primaria y de 80 a 90% de radiación dispersa. La mayoría de los factores Bucky son de 3 a 8 veces el mAs requerido para una radiografía sin rejilla (34).

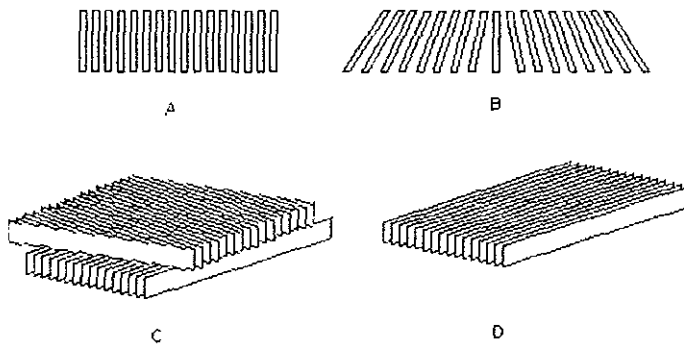


Fig 9. A) Perpendicular (corte transversal), B) Focalizada (corte transversal), C) Cruzada, D) Lineal

## V. FORMACION DE LA IMAGEN

### 1 VARIABLES DE EXPOSICION

Existen cuatro factores que controlan la densidad, el contraste y el detalle en una radiografía: el miliamperaje (mA o mAs), el kilovoltaje (kV o kVp), la distancia foco-película y la distancia objeto película. Un cambio en alguno de estos factores usualmente requiere ajustes en otro con el fin de conservar la misma calidad radiográfica (19, 37).

#### 1.1 EL MILIAMPERAJE

El miliamperaje (mA) controla por medio de la temperatura el número de  $e^-$  que se producen a partir del cátodo. Cuando el mA se incrementa, la temperatura del filamento también lo hace, aumentando así la emisión termiónica, el número de  $e^-$  que interacciona con la tarjeta se eleva por lo que también se incrementa el número de rayos X producidos. Por lo tanto el mA afecta la intensidad del haz pero no su capacidad de penetración, afectando así el grado de oscuridad (densidad) sin tener efecto sobre el contraste. En algunos aparatos para designar el valor de mA es necesario ajustar la perilla durante algún tiempo haciendo varios ensayos hasta que se obtenga el valor de mA deseado, en otros es seleccionado al mismo tiempo que el kV, en los aparatos modernos el mA puede ser seleccionado independientemente con una perilla (1, 6, 25, 37, 40).

#### 1.2 TIEMPO

El tiempo de exposición equivale al tiempo durante el cual los  $e^-$  van a fluir a través del tubo, del cátodo hacia el ánodo, para producir los rayos X. Según el tipo de aparato pueden ser segundos, décimas o centésimas de segundo. Su relación con el mA es inversamente proporcional, a mayor mA menor tiempo de exposición y menor riesgo de movimiento del paciente (19, 34).

### 1.3 EL KILOVOLTAJE

Dada la complejidad y variabilidad de las ondas de voltaje que se aplican al tubo, se acostumbra expresar el valor pico del potencial aplicado sin tratar de definir algún valor efectivo. En su totalidad la radiación esta formada por un haz de longitudes de onda distintas. El valor pico se conoce como kV o kVp. El kilovoltaje es el voltaje aplicado entre el ánodo y el cátodo, es el único factor que influye sobre el contraste radiográfico y tiene algo de control sobre la cantidad de densidad radiográfica, por lo tanto afecta la calidad y la intensidad del haz. El kilovoltaje acelera los  $e^-$  que fluyen del cátodo hacia el ánodo incrementando la carga positiva de este último, lo que ocasiona una colisión con mayor fuerza, esto produce rayos X con menor longitud de onda y mayor poder de penetración, El correcto valor de kV esta dado por el grosor de la parte anatómica de la que se obtendrá la radiografía. El aumento del kV produce cuatro efectos:

- Mayor energía del haz, de tal manera que se obtiene un mayor ennegrecimiento de la película
- Menor contraste, en particular porque la atenuación del haz en las estructuras más densas es menor y porque, en menor medida, la atenuación en estructuras menos densas es mayor
- Reducción de la dosis absorbida por el paciente
- Aumento de la radiación secundaria

El kV óptimo es el que permite obtener detalles nítidos de todos los elementos que interesan para un estudio (6, 9)

En los aparatos modernos y en aquellos en los que el mA esta predeterminado, el kV puede ser directamente calibrado, algunas unidades cuentan con dos selectores, uno mayor que tiene escalas de 10 kV y uno menor que tiene escalas de 1 a 3 kV, otros tienen únicamente un control con escala de 5 kV (12, 30)

La distancia Objeto-Película y la Distancia Foco-Película se describen más adelante



## 2. ABSORCION DIFERENCIAL.

Los rayos X son capaces de penetrar y atravesar tejidos, sin embargo durante este proceso también son absorbidos o atenuados pero no de una manera homogénea, algunos tejidos absorben más radiación que otros, esto a su vez depende del número atómico y del espesor del tejido, este fenómeno es conocido como Absorción Diferencial. La parte del haz que emerge incide en la película formando la imagen radiográfica (fig. 10 y 11) (2, 30, 43).

Existe otro factor que también condiciona la absorción, se trata de la energía. A mayor energía (kilovoltaje), mayor poder de penetración y viceversa (30)

## 3. DENSIDADES RADIOLOGICAS BASICAS

Todos los objetos reducen, hasta cierto punto, el paso de la radiación. Las estructuras que absorben poca radiación son conocidas como Radiolúcidas, los rayos X pasan fácilmente a través de ellas ocasionando que su apariencia en la radiografía sea oscura. Las estructuras que absorben más radiación primaria se denominan Radiopacas, observándose en la radiografía de tonos blanquecinos o completamente blancas (fig. 11) (28, 32, 40)

Los gases en general, y el aire en particular, son las sustancias más radiolúcidas por su baja densidad física (pocas moléculas en un área determinada). por ello es que los órganos que lo contienen se observan más oscuros en las radiografías.

La siguiente sustancia más radiopaca es la GRASA, su número atómico es menor que el del aire, pero es más densa que ésta haciéndola más radiopaca, puede ayudar a observar algunos órganos

Continúan en orden ascendente los TEJIDOS BLANDOS, en ellos se incluyen sangre, orina, trasudados, exudados, bilis, líquido cefalorraquídeo, así como tejidos no mineralizados y no adiposos como cartilago, músculo, fascia, tendones, ligamentos y órganos parenquimatosos; todos

ellos tienen básicamente la misma radiopacidad, variaciones en volumen, grosor y compactación crean un espectro muy amplio de densidades en la radiografía.

La sustancia más radiopaca es el HUESO, su densidad física y su número atómico son más elevados que cualquiera de las otras sustancias, su radiopacidad varía dependiendo de su estructura (compacto o esponjoso)

Se menciona un último tipo de densidad radiológica, la MINERAL, son sustancias muy densas que inhiben casi por completo el paso de los rayos X, observándose completamente blancos en las radiografías. Se utilizan generalmente como indicadores de posición del paciente o como indicadores de la proyección realizada (15, 26, 29, 34, 43, 44).

#### 4 GEOMETRIA RADIOLOGICA

Una de las cosas que se deben de tomar en cuenta al observar una radiografía es que se produce, en mayor o menor grado, la distorsión o deformación de una estructura al quedar plasmada en dos planos siendo una forma tridimensional. Hay varios factores a considerar: Tamaño del Punto Focal, Distancia Foco-Objeto, Distancia Objeto-Película, Alineación Foco-Objeto, Posición Objeto-Película, Distancia Foco-Película.

4.1 TAMAÑO DEL PUNTO FOCAL. Entre más pequeño sea el punto focal, más grandes son el detalle y la definición de la imagen. Sin embargo, cuando la distancia foco-película es grande, se forma una especie de penumbra o halo que "mancha" el contorno de las diferentes estructuras.

4.2 DISTANCIA FOCO-OBJETO. Entre más lejos este del punto focal, la magnificación de la imagen es menor y la definición y el detalle son mejores.

4.3 DISTANCIA OBJETO-PELICULA. Entre más cerca este el objeto de la película la magnificación es menor y se obtiene una imagen más clara y definida (menor efecto de penumbra).

4.4 ALINEACION FOCO-OBJETO. El objeto debe estar lo más perpendicularmente posible al

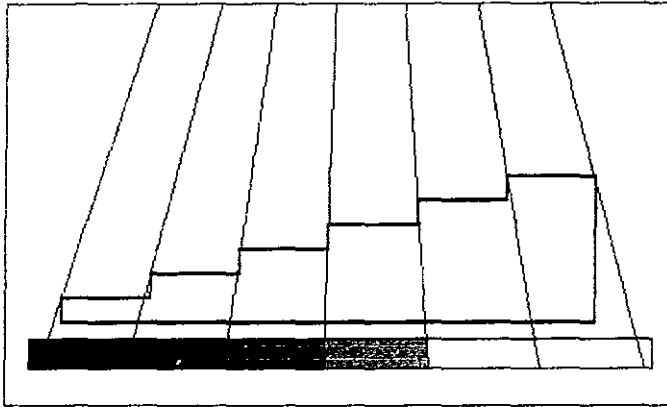


Fig 10 Ennegrecimiento de la película según el espesor del objeto

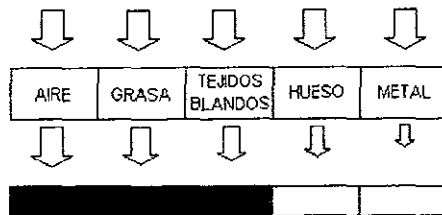


Fig 11 Densidades Radiológicas Básicas

rayo central, así la imagen se distorsionara menos.

4.5 POSICION OBJETO-PELICULA. El objeto debe guardar una posición perpendicular o paralela a la película para evitar al máximo la distorsión de la imagen.

4.6 DISTANCIA FOCO-PELICULA. Para la mayoría de los estudios radiográficos esta distancia es constante va de 80 a 100 cm (19, 35, 36)

## 5 AMPLIFICACION Y DISTORSION

Un objeto situado exactamente en el recorrido del rayo central producirá una imagen casi perfecta, pero solo en ese punto, ya que la divergencia de los rayos X siempre produce un cierto grado de AMPLIFICACIÓN, esta a su vez depende en mayor grado de la distancia objeto-película, y en menor grado de la distancia foco-película. La DISTORSION se presenta cuando la imagen obtenida falsea o desfigura la verdadera forma o posición del objeto, resulta de una magnificación desigual de diferentes partes del mismo objeto cuando no se encuentra totalmente paralelo a la película (fig 12) (1, 28, 44)

## 6 IMAGEN TRIDIMENSIONAL

Como la imagen que queda impresa en una radiografía es bidimensional, se pierde la percepción de la profundidad (tercer plano), algunas ocasiones se presentan anomalías o lesiones que son solo apreciables si el rayo central incide perpendicularmente en ellas. Para esto es necesario hacer dos proyecciones del objeto perpendiculares al haz de rayos X (con una diferencia de  $90^\circ$  una de otra) Cuando el diagnóstico quede claro en una sola proyección, no será aconsejable la realización de más radiografías, pero en casos dudosos será conveniente la realización de dos proyecciones denominadas estándar o de rutina, y en casos excepcionales será conveniente una

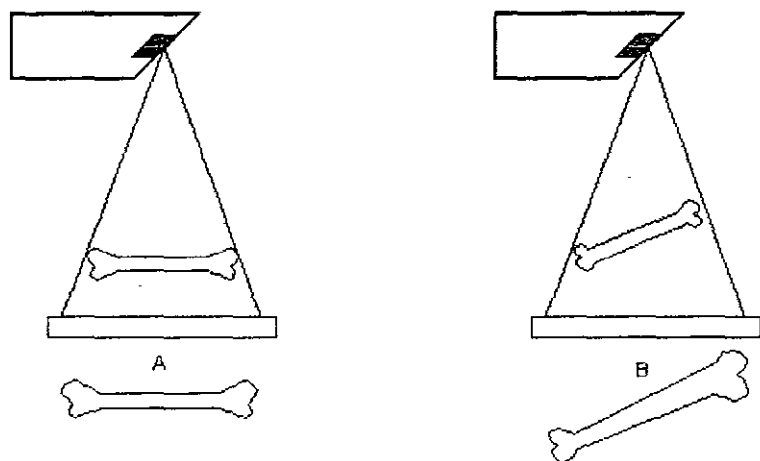


Fig 12. A)Amplificación, B)Distorsión

tercera proyección que se denomina Oblicua. la Proyección Oblicua es aquella que se realiza con una diferencia de aproximadamente  $45^\circ$  con respecto a las proyecciones de rutina (27, 43)

## 7 EFECTO DE ADICION O SUMA

El efecto de adición o suma se presenta cuando las partes de un paciente o de un objeto en diferentes planos se sobreponen, la imagen es el efecto del resultado de la absorción de rayos X por las estructuras sobrepuestas, se pueden observar estructuras muy radiopacas (huesos sobrepuestos, materia fecal) o muy radiolúcidas (aire, gas), dependiendo de las estructuras que participen en el fenómeno de sobreposición (43)

## 8 EFECTO SILUETA

Este efecto se produce cuando dos estructuras de la misma o muy parecida radiopacidad hacen contacto en la imagen radiológica, lo que evita que se distingan sus límites, enmascarando su verdadera apariencia (43)

## VI. PELICULA RADIOGRAFICA

Una vez que el haz de rayos X es emitido interacciona con el objeto o paciente, de esta interaccion pueden ocurrir cuatro cosas. Los rayos X interactuan con el objeto, son repelidos o absorbidos o pasan a través del objeto para formar la imagen radiológica (4).

### 1 PELICULA

La película radiográfica es una película fotográfica de 0.2 a 0.3 mm de espesor especialmente adaptada para recoger tanto el efecto directo de los rayos X sobre la emulsión (efecto fotoquímico) como la impresión directa de la luz emitida por las pantallas intensificadoras. Esta adaptación a la radiografía exige que, a diferencia de la película fotográfica normal que solo tiene emulsión por un sola cara, la película radiográfica tenga una doble emulsión sensible. Existen algunas películas radiograficas con emulsión en una sola cara para técnicas muy específicas (mamografías) (50).

La película radiográfica proporciona un registro permanente que contiene una cantidad máxima de informacion diagnostica, consta básicamente de tres elementos, una capa protectora, la base y la emulsion (fig 13) (26, 37).

1.1 CAPA PROTECTORA. Consta de una delgada capa de gelatina que actúa como cubierta protectora que ayuda a disminuir el daño físico o mecánico que pudiera sufrir la capa de emulsión (15, 33)

1.2 BASE. Consta de una delgada capa de poliéster de aproximadamente 0.2 mm de espesor, teñida de azul para realzar el contraste, disminuir el resplandor de las zonas claras (blancas) de las radiografías y causar menos fatiga ocular, por si sola no produce luz ni la absorbe (15, 20)

3.3 EMULSION. La emulsión consiste en una delgada base de gelatina de unos 0.02 mm de grosor

en la que se encuentran suspendidas partículas haloides de plata, de las cuales 90-99% son cristales de bromuro de plata y 1-10% son ioduros de plata. A ambos lados de la base hay un adhesivo que soporta la emulsión, esto la da a la radiografía mayor sensibilidad, incrementando la velocidad, la densidad y el contraste (4, 12, 19, 34, 50).

La emulsión es sensitiva a la radiación ionizante y a la luz visible, una imagen latente se forma a partir de la absorción de los fotones que alcanzan la película (interacción fotoeléctrica) convirtiendo los cristales haloides de plata en plata metálica (37).

## 2 TIPOS DE PELICULAS

Existen dos tipos de películas que se utilizan en las radiografías veterinarias: el tipo pantalla y el de exposición directa.

**2.1 PELÍCULA TIPO PANTALLA.** Este tipo de película, por los cristales que contiene es más sensible a la luz producida por las pantallas intensificadoras, requiere de un menor tiempo de exposición para producir una imagen, aunque se pierde algo de definición. Existen dos clases de películas tipo pantalla: La Película Sensible al Azul (convencional), como su nombre lo dice, es más sensible a la luz emitida por pantallas intensificadoras de fosfatos que emiten luz en el rango de ultravioleta, violeta y azul (tungstato de calcio, tierras raras). La Película Sensible al Verde (ortocromática) es más sensible a la luz verde que emiten las pantallas intensificadoras en ese rango (tierras raras) (1, 17, 36).

**2.2 PELÍCULA SIN PANTALLA O DE EXPOSICIÓN DIRECTA.** Son películas que se exponen directamente a la acción de los rayos X sin la ayuda de pantallas intensificadoras, proporcionan un detalle muy fino, para que esto ocurra las películas de este tipo se fabrican con una capa de emulsión muy gruesa, lo que alarga el tiempo de procesado, además de necesitar mayor tiempo de exposición.



(10 a 25 veces mayor mAs), lo que representa una desventaja ya que se requiere de anestesia general o tranquilización para posicionar al paciente (6, 26)

### 3 VELOCIDAD DE LA PELICULA

Existen básicamente tres tipos de películas en cuanto a su velocidad: Películas Rápidas o de Alta Velocidad, Películas Promedio o de Velocidad media y Películas Lentas o de Baja Velocidad.

3.1 PELICULAS DE ALTA VELOCIDAD. Este tipo de películas tienen una emulsión gruesa, cristales haloides de plata grandes, requieren de menor tiempo de exposición, producen una imagen granulosa (menor definición) y necesitan menor tiempo de procesado

3.2 PELICULAS DE BAJA VELOCIDAD Tienen una capa de emulsión delgada, los cristales haloides de plata son muy finos. requieren mayor tiempo de exposición de 1.5 a 2 veces mas que las películas de velocidad media), producen una imagen menos granulosa (mayor definición) y necesitan mayor tiempo de procesado. Se recomiendan para estudios de extremidades y en campos pulmonares de gatos y perros pequeños (19).

3.3 PELICULAS DE VELOCIDAD MEDIA. Poseen parámetros intermedios entre los dos tipos de películas mencionados, son las mas usadas en Radiología Veterinaria (17, 37).

### 4 LATITUD DE LA PELICULA

Es la habilidad inherente de la película para producir diversos tonos de grises. Una película con una latitud incrementada produce imágenes con una gran escala de contrastes (19)

## 5 TAMAÑO DE LAS PELICULAS

El tamaño de las películas varía dependiendo del país en que se fabriquen. Las medidas se describen en sistema métrico, en sistema británico o en ambos, también dependiendo del fabricante (cuadro 1)

EN SISTEMA METRICO (CM)	EN SISTEMA BRITANICO (PULGADAS)
13X18	
15X30	
15X40	
18X24	07X17
18X43	08X10
24X30	10X12
30X35	14X14
30X40	14X17
35X35	
35X43	
40X60	

Cuadro 1. Tamaño comercial de Películas Radiográficas en centímetros y pulgadas

## 6 ALMACENAMIENTO

Las películas deben de almacenarse en un lugar seco (humedad relativa del 40 al 60%), a una temperatura entre 10 y 15°C, donde no existan vapores o gases químicamente fuertes, no almacenarse bajo presión (la emulsión es sensible), alejadas de la sala de rayos X, de preferencia aisladas y usarse según su fecha de caducidad (26, 37).

## VII. PANTALLAS INTENSIFICADORAS

Las primeras radiografías se obtuvieron empleando solamente el efecto fotoquímico, esto es, la acción directa de los rayos X sobre la emulsión sensible. Pronto se comprobó que con este sistema solo se aprovechaba una pequeña parte de la energía de la radiación incidente, aproximadamente un 1%, lo que resultaba antieconómico. Como la película radiográfica se impresiona mucho más fácilmente por la luz visible que por los rayos X, se ideó un sistema mediante el cual el efecto predominante de la impresión de la película se debía a la radiación luminosa, colaborando solo accesoriamente la radiación X (50)

Las pantallas tienen un espesor aproximado de 0.4 mm y constan de cuatro capas: un soporte rígido de poliéster, sobre el cual se extiende la segunda capa que es un reflectante de dióxido de titanio u óxido de magnesio, la tercera es la capa de cristales fluorescentes y por último la capa protectora (fig 13) (1)

Cuando los rayos X atraviesan el objeto y el chasis se producen los siguientes fenómenos: tras el paso a través del chasis, los fotones emplean parte de su energía para producir en la primera pantalla un conjunto de puntos luminosos que formarán una imagen visible de la porción examinada, este proceso envuelve la absorción de una forma de energía (rayos X) y su transformación en otra (luz visible). La radiación restante atraviesa la película, impresionando por efecto fotoquímico la emulsión de la misma por sus dos caras. La energía restante llega a la pantalla intensificadora inferior produciendo de nueva cuenta una imagen luminosa, la poca energía sobrante es absorbida por la cara inferior del chasis y una mínima parte puede salir al exterior. En total, el 30% de los rayos X interacciona con las pantallas (50).

Esto quiere decir que la película sufre dos tipos de impresión, la directa por acción de los rayos X (1-5%) y la indirecta debida a la acción de las pantallas (95-99%) (34, 50)

Los cristales para fabricar las pantallas deben tener las siguientes propiedades: deben tener un gran coeficiente de absorción de los rayos X, esto se da por el numero atómico alto, deben emitir una gran cantidad de luz con energía y colores convenientes, permanecer estables con el paso del tiempo y deben de dejar de emitir luz al mismo tiempo que dejan de recibir radiación. Al fabricar las pantallas se intenta combinar dos factores esenciales: la velocidad (menor tiempo de exposición) y definición optima de la imagen radiológica, desafortunadamente incrementar una de las dos propiedades demerita la otra (12, 15, 33).

## 1 TIPOS DE PANTALLAS

1.1 TUGNSTATO DE CALCIO (WOLFRAMATO CALCICO). Es el material más usado hasta la actualidad, emite luz en el rango de azul a ultravioleta

1.2 TIERRAS RARAS. Se conocen una gran cantidad de estos minerales, entre los mas usados en radiologia están oxibromuros y oxisulfuros de tierras raras (lantano, gadolinio, terbio, itrio), la mayoría emiten luz en el rango del verde (requieren películas ortocromáticas) y algunas en el rango del azul (oxibromuro de lantano).

## 2 FACTOR DE INTENSIFICACION

Este factor es calculado dividiendo la cantidad de exposición que se requiere cuando no se usan pantallas por la necesaria cuando si se usan. El valor puede variar de acuerdo al kilovoltaje y otros factores, pero el rango va de 35 para las pantallas de baja velocidad a 200 para las pantallas rápidas de tierras raras (12)

## 3 VELOCIDAD DE LAS PANTALLAS

La velocidad de las pantallas intensificadoras se incrementa aumentando el grosor de la capa de

fósforo (causando mayor difusión de la luz) e incorporando sensibilizadores en ella, además de incrementar el tamaño de los cristales. Este último recurso causa una imagen granulosa, para reducir este efecto se incorporan a la capa de fósforo tintes que absorben la luz difusa que “borronea” la imagen. Existen tres tipos de pantallas de acuerdo a su velocidad: Alta Velocidad o Rápidas, Velocidad Media, par. normal o estándar y de Alta Definición o Lentas (12, 40).

3.1 PANTALLAS RÁPIDAS. Tienen una capa de fósforos más gruesa y cristales más grandes. Requieren menor tiempo de exposición con la desventaja de perder detalle. Son ideales para tejidos blandos con movimientos inevitables como en tórax y abdomen y para penetrar zonas anatómicas muy gruesas.

3.2 PANTALLAS ESTÁNDAR. Tienen una combinación cuidadosa entre el tamaño de los cristales (0.005 mm), el tinte y el grosor de la capa de fósforos para una buena resolución, con un nivel aceptable de baja exposición.

3.3 PANTALLAS LENTAS. Este tipo de pantallas son ideales en exámenes que requieren un detalle máximo y en los que el tiempo de exposición es de menor importancia, es decir, que los movimientos voluntarios e involuntarios pueden ser controlados, particularmente cuando se requieren radiografías de tejidos óseos. Contienen mayor cantidad de tinte, el tamaño de los cristales es el mismo de las pantallas estándar, pero la capa de fósforos es más gruesa (1, 4, 6, 12, 36).

#### 4 CONTACTO PANTALLA-PELÍCULA

La película debe estar colocada entre las dos pantallas intensificadoras, teniendo un estrecho contacto con ellas. En cualquier separación que exista, al emerger la luz de la pantalla se difunde sobre un área extensa, ocasionando un efecto de borreamiento en la imagen (26).

#### 5 CUIDADO DE LAS PANTALLAS

Las pantallas son muy susceptibles a ser dañadas, el revelador y el sudor por pocos que estos

sean y cualquier golpe pueden dañar la superficie de la capa protectora, deteriorando permanentemente la pantalla. Deben de mantenerse siempre cerradas ya que se deterioran si están expuestas a la luz (29)

La limpieza regular de las pantallas es necesaria ya que el polvo, pelo, partículas y cualquier otra sustancia pueden bloquear la luz que debe alcanzar la película produciendo una marca blanca en la radiografía (artefacto) Existen comercialmente muchos tipos de limpiadores, si no es posible conseguir alguno, la segunda mejor opción es un paño de lana o torunda de algodón humedecidos con agua caliente. No se debe de usar alcohol desnaturalizado o sustancias abrasivas porque dañan la capa protectora y los fosfatos. Se debe tener cuidado al colocar la película dentro del chasis y al sacarla nunca se debe de tocar la pantalla directamente con las yemas de los dedos ya que pueden quedar impresas en ella. Se recomienda cambiar las pantallas cada 8 a 10 años o cuando sufran un cambio de color, sin embargo, con los cuidados necesarios las pantallas pueden funcionar satisfactoriamente hasta 30 años, si se decide cambiarlas se deben de cambiar todas al mismo tiempo, para que su deterioro y la calidad de todas las radiografías sean los mismos (25, 34).

## 6 COMBINACIONES PELICULA-PANTALLA

Con el desarrollo de nuevos materiales para fabricar las pantallas y las películas, la combinación de las mismas se ha incrementado. El mejor sistema de selección de sistema película-pantalla se determina dependiendo de lo que se necesite en cada lugar, es decir, si se posee un aparato de rayos X portátil con poco poder, el uso de un sistema de película-pantalla rápido puede ayudar a obtener radiografías con un tiempo de exposición relativamente corto (muy útiles en radiografías de torax y abdomen), además con el uso de este sistema se puede incrementar la distancia foco-película resultando en el mejoramiento de la definición. Si se posee un aparato con alto poder, la necesidad de utilizar un sistema rápido no es tan importante. El uso de un sistema lento es posible siempre y

cuando no se corra el riesgo de cualquier movimiento del paciente, este tipo de sistemas se pueden utilizar en radiografías de extremidades (por su alta definición) (1, 37).

Actualmente los sistemas rápidos no son exclusivamente de pantallas que emiten luz verde y las películas sensibles a ella, sino que también existen sistemas en los que la pantalla emite luz ultravioleta y la película es también sensible a la luz ultravioleta, obteniéndose con este sistema radiografías de la misma calidad e incluso mejores (38).

## VIII. CHASIS O CASET

El chasis es el aditamento en el cual se protege a la película de la luz directa del medio ambiente. Existen básicamente dos tipos de chasis. El primero es aquel en el que se colocan las pantallas intensificadoras y se conoce como chasis rígido, además proporciona un contacto íntimo entre la película y la pantalla, la tapa o cara superior del chasis (aquella que recibe la radiación directamente) es opaca a la luz, pero permeable a la radiación X, está fabricada de plástico, aluminio o fibra de carbón. este último produce un mínimo de radiación dispersa. incrementa el contraste, reduce la exposición del paciente (hasta 20 %), pero es el más costoso. La tapa inferior o base está fabricada de la misma manera y con el mismo material de la tapa superior, pero se le adiciona una delgada hoja de plomo de 0.5 mm para absorber la radiación retrograda (fig. 13) (4.25)

Cuando se utilizan películas de exposición directa se utiliza un chasis no rígido impermeable a la luz. que puede ser una tarjeta de plástico, cartón o papel (30)



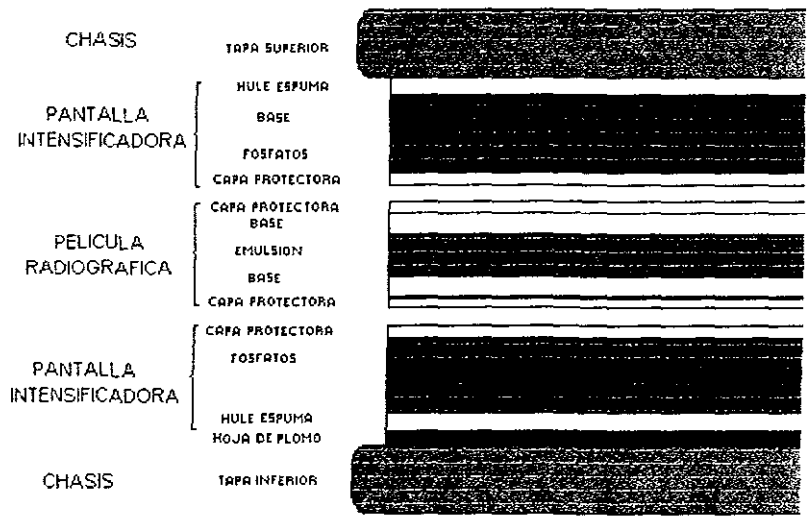


Fig 13. Corte Transversal Chasis, Pantallas Intensificadoras, Película

## IX. IDENTIFICACION DE LAS RADIOGRAFIAS

Siempre existe la necesidad de identificar cada estudio radiográfico realizado, ya sea para localizarlo dentro de algún archivo, para fines legales o para certificación en alguna organización. El sistema de marcación se realiza durante la exposición de los rayos X aunque puede ser después de ella. En general el rótulo o marca debe contener los siguientes datos: Lugar donde se realizó el estudio, fecha, nombre del dueño, nombre del paciente, edad y/o raza.

### 1 TIPOS DE MARCADORES

1.1 Marcadores metálicos. Es el método más común de marcación, consiste en letras o números metálicos (acero, plomo, cobre, bronce, etc.) colocados directamente sobre la cara superior del chasis, estos atenúan por completo o en alto porcentaje la radiación, por lo que su silueta se ve como una zona blanca en la radiografía ya procesada.

1.2 Bloqueadores-Marcadores fotográficos. Este tipo de marcadores se colocan en una esquina del chasis, interna o externamente o en una esquina de la pantalla, son placas metálicas pequeñas que evitan que las partes de la placa sobre la cual se colocan reciban radiación, una vez obtenida la radiografía, antes de revelarla, se coloca una placa o cinta con los datos que se deseen sobre la zona no expuesta y se somete al efecto de la luz en forma de flash, las partes escritas en la placa o en la cinta evitan que la luz alcance la película, quedando impresas en la radiografía, este método se puede utilizar también en el momento de la exposición.

1.3 Cinta impregnada de plomo. En ella se pueden escribir los datos deseados, se coloca en un soporte y se utiliza durante la exposición, terminada la radiografía se observan los datos de color claro (32)

## 2 IDENTIFICACIÓN DE POSICION Y PROYECCION

- 2.1 Marcadores de Orientación del Paciente Identifican la extremidad examinada o el lado del cuerpo. generalmente son las letras "R" y "L" (por las siglas en ingles de Right y Left), hechas con algun mineral que se colocan sobre el chasis o en forma de clip en la orilla del mismo.
- 2.2 Marcadores de Cara Medial o Lateral Son importantes cuando se obtienen estudios de extremidades. se recomienda que se identifique la cara lateral.
- 2.3 Marcadores de Posición. Indican la dirección del haz de rayos X, algunos pueden indicar si el paciente estuvo de pie o en decúbito.
- 2.4 Marcadores de Zonas Especificas Son marcadores que se colocan generalmente en el pelo adyacente a una zona de especial interés clínico, como el sitio de una punción, una zona de dolor o crepitación, se debe tener cuidado de que el marcador no se sobreponga a al zona de interés.
- 2.5 Marcadores de Tiempo o de Secuencia. Se utilizan en estudios especiales como urografia excretora o transito gastrointestinal, son marcadores metálicos en forma de reloj o números.
- 2.6 Marcadores de Identificación del Técnico. Generalmente se utilizan cuando existen dos o más tecnicos encargados de obtener los estudios, normalmente se utilizan sus iniciales (1, 34).

## X. CUARTO OSCURO

Las clínicas que cuenten con las posibilidades de usar la radiología como diagnóstico, deben también de poseer un espacio para procesar sus radiografías, a este espacio se le conoce como cuarto oscuro (fig 14)

Este espacio debe tener un área de 5 m<sup>2</sup> como mínimo, aunque el área puede ser menor siempre y cuando sea funcional. Debe de contar con una fuente de agua corriente, desagüe, ser impermeable a la luz, piso fácilmente lavable, adecuada ventilación, paredes y techo blancos o de color crema y contar con conexiones a la red eléctrica (29) En forma general, se divide en dos zonas de trabajo Área seca y área húmeda.

### 1 AREA SECA

Es el área donde se encuentran las películas vírgenes y los bastidores, en ella también se cargan y descargan los chasis. Se debe de contar con una mesa lo suficientemente grande para colocar el chasis más grande con el que se cuente, aunque esta no debe de ser de plástico, ya que guarda cargas de electricidad estática que causa artefactos en las películas

Los bastidores se encuentran en el mercado en los mismos tamaños que las películas, son de acero inoxidable y su función es la de sostener la película durante el proceso de revelado, existen de dos tipos. el primero de ellos sostiene la película por completo por dos de sus lados, se le denomina de canal. el segundo. sostiene la película por medio de cuatro seguros o pinzas y se denomina de clips. cualquiera de los dos es práctico, la única recomendación es tener especial cuidado en el proceso de secado, ya que ambos tienden a retener agua y pueden manchar la radiografía (27, 29, 37).

### 2 AREA HUMEDA

En ella se coloca el tanque revelador, algunos cuentan con un tanque espacial para el lavado

final de las radiografías. El tanque, construido de acero inoxidable, debe ser lo suficientemente grande para procesar la película radiográfica más grande con que se cuente, la capacidad de los compartimentos de revelado y fijado varía según las necesidades, pueden ser de 13 litros en lugares donde se obtengan pocas radiografías o hasta de 22 litros, lo que permite procesar hasta tres radiografías a la vez (29, 46).

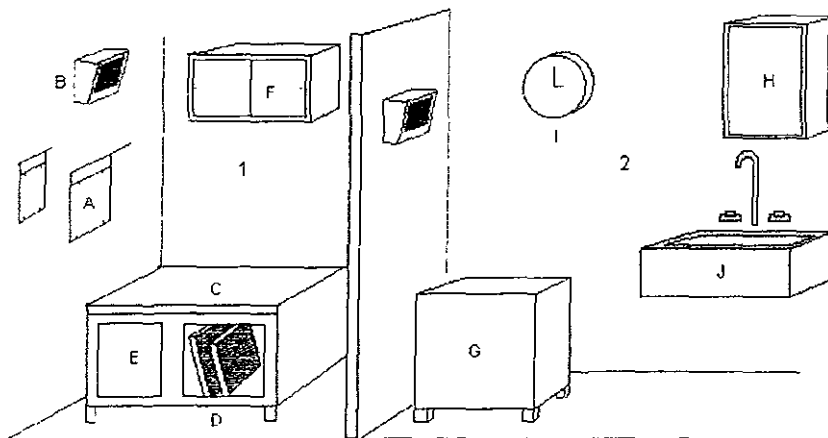
### 3 LUZ DE SEGURIDAD

También se le conoce como luz inactiva, su propósito es proporcionar luz suficiente al cuarto oscuro sin dañar la película, que una vez expuesta a la radiación es más sensible a la luz (19).

Si las áreas seca y húmeda están separadas, se recomienda utilizar iluminación directa en ambas. Si la superficie del cuarto oscuro es mayor de 6 m<sup>2</sup>, se debe utilizar, además de la directa, una luz indirecta. Es decir, que la luz esté dirigida hacia el techo para que exista una buena distribución de la luz. Los focos utilizados deben de ser de 6.5 a 15 wats, se deben de colocar a unos 120 cm de la superficie de la mesa, además se deben de utilizar filtros especiales según el tipo de película que se utilice. Si se utilizan películas sensibles al azul, se deben adquirir filtros de color café o ámbar, si se utilizan películas sensibles al verde, se deben de utilizar filtros rojos, estos últimos también se pueden utilizar para las películas sensibles al azul (29, 46).

### 4 PROCESO DE REVELADO

El proceso de revelado es una serie de pasos mediante los cuales cambia la imagen latente obtenida durante la exposición a una imagen definitiva, es un proceso químico, por lo tanto depende del tiempo y la temperatura. La mayoría de los errores en la Radiología Veterinaria, ocurren durante el proceso de revelado, lo que implica que radiografías de buenas en potencia se conviertan en radiografías de poca o mala calidad (27, 46)



- 1 AREA SECA    A BASTIDORES  
                   B LUZ DE SEGURIDAD  
                   C SUPERFICIE PARA CARGAR BASTIDORES Y CHASIS  
                   D CHASIS  
                   E PELICULAS VIRGENES  
                   F ANAQUEL PARA VARIOS
- 2 AREA HUMEDA    G TANQUE REVELADOR  
                       H NEGATOSCOPIO  
                       I RELOG  
                       J LAVABO

Fig 14. Esquema de un cuarto oscuro con sus aditamentos básicos

## 4.1 REVELADO MANUAL

El proceso de revelado manual consiste básicamente de cinco pasos: Revelado, Enjuague o Baño de Paro, Fijación, Lavado y Secado.

### 4.1.1 REVELADO

La principal función de la solución reveladora es la de convertir los cristales haloides de plata expuestos, en plata metálica (de color negro), adicionándole electrones, es decir, los reduce. Los principales componentes de las soluciones reveladoras son:

- Metol: Agente revelador, con alto potencial de reducción inicia el proceso de revelado rápidamente, es el que produce el detalle y da tonos grises a la imagen.
- Hidroquinona: Agente revelador con bajo potencial de reducción, muy sensible a la temperatura, comienza el revelado lentamente y proporciona el contraste.
- Carbonato de sodio o potasio e hidróxido de sodio o potasio: Son agentes aceleradores o activadores, reblandecen e hinchan la emulsión de la película para que los agentes reveladores actúen más rápidamente, además proveen de un pH alcalino de entre 9.4 y 11.4, ya que los agentes reveladores no pueden actuar en un pH neutro o ácido.
- Bromuro de potasio o yoduro de potasio: Protegen los cristales no expuestos de los agentes reveladores.
- Sulfito de sodio: Es un agente conservador, retarda la oxidación de la solución.
- Agua: Su función es la de solvente. Existen reveladores con presentación comercial en polvo, se deben preparar según las indicaciones del fabricante.

La solución reveladora se va agotando con el uso, poco a poco se neutraliza y los cristales resisten más la reducción de los químicos, además de manera normal también se oxida y se debilita, adquiriendo un color amarillo o café, motivo por el cual el tanque procesador debe estar siempre

tapado El revelador se adhiere a la película, disminuyendo de esta manera su volumen, adicionalmente un bajo porcentaje se pierde por la evaporación. Para mantener siempre la misma cantidad de revelador se debe adicionar solución reveladora nueva.

El tiempo de revelado que normalmente se recomienda es de 3 a 5 minutos (tiempo optimo para la reducción de los cristales), puede variar según la marca comercial, la edad del liquido y la temperatura. se recomienda mantener esta ultima en un rango de 20 a 26.5 °C, ya que a menor temperatura el tiempo de revelado aumenta (15 segundos por cada grado centigrado menos) (6, 27, 34, 37, 46)

Se recomienda que al empezar el proceso de revelado se agite el liquido revelador, sobre todo si no se ha trabajado con él durante algún tiempo, ya que los químicos tienden a precipitarse conforme la edad del liquido aumenta (6)

#### 4.1.2 ENJUAGUE O BAÑO DE PARO

El baño de paro remueve el exceso de fijador de la película, de esta manera se evita que sea acarreado al tanque de fijación, basta con agitar la película unos 30 segundos. El agua debe de mantener una temperatura de 15.5 a 29.5 °C, la mayoría de las veces el mismo tanque de baño de paro es el mismo para el lavado final, por lo que el agua debe de ser constantemente cambiada. Al terminar de enjuagar la película, se debe de escurrir el exceso de agua antes de introducirla en el recipiente del fijador para evitar la dilución. El mantener constante la temperatura del agua de enjuague puede ayudar indirectamente a mantener la temperatura de los recipientes del revelador y del fijador (34, 46).

#### 4.1.3 FIJACION

Después del revelado químico, la película contiene cristales haloides de plata (los que no se expusieron a la radiación o se expusieron muy poco) que deben de ser removidos para formar la



parte clara de la radiografía. Los principales componentes de la solución fijadora son.

- Agente fijador. Tiosulfato de sodio, solubiliza los cristales de plata y preserva la emulsión de la película
- Acido. Acido acético glacial o metabisulfito de sodio o potasio, previenen la descomposición del tiosulfato en ácido
- Endurecedores. Cloruro de amonio, sulfato y cloruro de aluminio, son usados para endurecer y evitar una hinchazón excesiva de la emulsión de la película.
- Buffer. Acetato de sodio y ácido acético, mantienen el pH ácido del fijador que cambiaría por el volumen de revelador que recibe
- Agua. Al igual que el revelador también existen presentaciones comerciales líquidas y en polvo.

#### 4.2 PROCEDIMIENTO DEL REVELADO MANUAL

De manera normal se debe seguir un protocolo cada vez que se revele una película expuesta a los rayos X. ninguno de los siguientes pasos debe de ser omitido:

- a) AGITAR LAS SOLUCIONES. Ambas deben de ser agitadas con removedores diferentes antes de revelar
- b) CHECAR LA TEMPERATURA DE LAS SOLUCIONES. De preferencia con termómetros de alcohol. este paso se debe realizar no solo antes de iniciar el revelado, sino también cada mañana y cada tarde todos los días
- c) PREPARAR UN RELOJ. Se necesita para checar mas exactamente el tiempo de revelado, de preferencia se debe de usar un reloj grande para apreciar mejor el tiempo transcurrido, en vez de un cronometro.
- d) PRENDER LA LUZ DE SEGURIDAD. Por consiguiente, hay que apagar la luz blanca

- e) CARGAR LOS BASTIDORES. Hay que tomar la película con cuidado y por las orillas.
- f) SUMERGIR LA PELICULA EN EL TANQUE REVELADOR. Hay que sumergirla sin detenerse, una vez sumergida por completo hay que golpear ligeramente el bastidor contra la pared del tanque para separar las burbujas que pudieran quedar pegadas en la película. A partir de ese momento se empieza a contar el tiempo
- g) AGITAR LA PELICULA. Es posiblemente el paso más importante, se debe de subir y bajar pocos centímetros cada 30 segundos, lo anterior es para que el revelador usado de paso a revelador fresco.
- h) ESCURRIR EL REVELADOR DE LA PELICULA EN EL AGUA. Cuando el tiempo de revelado transcurra, se debe de retirar la película del tanque y escurrir el revelador que quede en ella en el tanque de baño de paro. No se debe de escurrir en el tanque revelador, ya que favorece que la solución envejezca más rápido
- i) ENJUAGAR COMPLETAMENTE. Coloque la película en el baño de paro, golpee el bastidor contra las paredes, si se utiliza agua limpia este proceso debe durar unos 30 segundos.
- j) SUMERGIR LA PELICULA EN EL TANQUE FIJADOR. Una vez enjuagada, se debe de levantar y dejarla escurrir un momento antes de sumergirla en el tanque fijador, golpear el bastidor de nueva cuenta. El tiempo de fijación no es crítico, normalmente se fija el doble de tiempo del revelado. Hay que agitar la película cada 30 segundos, por la misma razón que el revelado. La película puede ser examinada con una luz blanca cuando hayan pasado 30 segundos de estar en el fijador.
- k) LAVADO FINAL. Transcurrido el tiempo de fijación, se levanta la película del tanque fijador y se deja escurrir en el mismo. La película se sumerge en el baño de paro, que en algunos casos también cumple las funciones de lavado final. El tiempo de lavado es importante, debe de ser el

doble de tiempo de fijación

- 1) SECADO Lo ideal es tener una cabina de secado que proporcione aire y calor al mismo tiempo. Durante este proceso la película no debe de ser movida, ya que algo de agua queda adherida a los sujetadores del bastidor y puede escurrir causando un artefacto en forma de línea negra permanente. Si no se cuenta con una cabina, se debe de dejar secar a temperatura ambiente (19, 27, 29)

Los líquidos en este tipo de revelado se deben de cambiar una vez al mes, dependiendo de la cantidad de radiografías procesadas, cuando se efectúe este cambio se deben de limpiar a fondo los depósitos, se recomienda usar una solución clorada a una concentración de 1.32. Cuando se llenen de nuevo los depósitos, las soluciones nuevas deben ocupar siempre el mismo depósito que las anteriores (29)

#### 4.2 REVELADO AUTOMÁTICO

La otra opción de revelado es el revelado automático, en este se utiliza una máquina que necesita de 1.5 a 8 minutos para procesar una radiografía por completo, además se obtienen radiografías de una calidad consistente, se recomienda en términos generales para lugares en los que se procesan de 15 a 20 radiografías al día (38)

El procesador automático desplaza la película del revelador, al fijador (no hay baño de paro), al lavado final y al secado a una velocidad constante. Los químicos utilizados en este tipo de revelado son básicamente los mismos que para el revelado manual, con la única diferencia que pueden soportar temperaturas más altas durante el proceso (35 °C) (19).

Sin embargo el uso de un procesador automático tiene algunas desventajas. costo inicial alto, mantenimiento periódico y químicos de alto costo. Sus ventajas son: obtención de radiografías en un menor tiempo, se necesita menos personal y radiografías con más calidad (6, 29, 46)

# XI. CALIDAD DE LA RADIOGRAFIA

Una vez procesada la radiografía se debe de evaluar su calidad técnica. La calidad de una radiografía se evalúa por el grado de sombras bien identificables de las porciones anatómicas bajo investigación. Los cinco factores que afectan la calidad de una radiografía son: la Densidad, el Contraste, el Detalle, la Distorsión y la Radiación Secundaria.

## 1 DENSIDAD RADIOGRAFICA

La Densidad se refiere al grado de oscuridad de la radiografía, esta directamente determinada por el número de fotones que alcanzan la película (mA) y por el proceso de revelado. La densidad se calcula haciendo pasar un rayo de luz a través de cualquier parte de la radiografía. La Densidad fuera de la silueta del paciente esta determinada por el número de fotones que se producen para el estudio. En forma mas específica los factores que influyen en la densidad son: mA, kV, tiempo de exposición, densidad del objeto, espesor del objeto, distancia foco-película, velocidad de la película, velocidad de la pantalla, factor rejilla, filtración del haz, tiempo de revelado y temperatura del revelador (34)

## 2 CONTRASTE RADIOGRAFICO

El Contraste Radiográfico se refiere a la diferencia de densidad radiológica entre dos o más estructuras, es decir la diferencia de tonos apreciable a simple vista (3, 17, 43, 44)

Se dice que una radiografía con alto contraste radiográfico posee un contraste de escala corta, la imagen radiográfica tiene muchas zonas negras y blancas con pocos tonos de grises. Si las diferencias entre las densidades son muy tenues o no se aprecian fácilmente, es decir, que posee muchos tonos de grises y pocos negros y blancos, la radiografía tiene un bajo contraste y se dice que tiene una escala de contraste larga. Generalmente los estudios con escala de contraste corta se

utilizan en exámenes de abdomen y los estudios con escala de contraste alta se usan en exámenes de torax (fig 15) (23, 35)

El contraste depende de cuatro factores kV, Densidad del Objeto, Contraste de la Película y Efecto Neblina

- kV Es el factor que mayor influencia tiene sobre el contraste. Con un valor de kV bajo se obtienen radiografías de alto contraste (escala corta), es decir, se observan muchos blancos y negros por el contrario un valor de kV alto produce una radiografía con poco contraste (escala alta). ocasionando que las diferencias sean muy sutiles o no se distingan
- Densidad del objeto Se refiere a las densidades radiológicas básicas.
- Contraste de la Película. Es un factor inherente a la película (latitud) Cuando se usan películas de alto contraste se puede disminuir la escala de grises variando los valores de exposición, sin embargo cuando se usan películas de bajo contraste, no se puede aumentar la escala de grises
- Efecto Neblina. Se refiere al efecto de borronamiento o neblina que puede ser ocasionado por la radiación dispersa, acercar demasiado la película sin procesar a la luz de seguridad, entrada de luz en el chasis, calor o una técnica de procesado incorrecta (19).

kV ALTO  
CONTRASTE REDUCIDO  
ESCALA LARGA



kV BAJO  
CONTRASTE AUMENTADO  
ESCALA CORTA



Fig 15. Contraste Radiográfico.

### 3 DETALLE O DEFINICION RADIOGRAFICA

El detalle radiográfico se refiere a la definición con que se aprecian las sombras en la radiografía. En él influyen los siguientes factores: Efecto Penumbra, Movimiento, Velocidad de las Pantallas y Velocidad de la Película.

- Efecto penumbra. Se refiere al borronamiento de los márgenes de las sombras en las radiografías y es debida a tres factores: Tamaño de Punto Focal, si el punto focal es grande aumenta el efecto de penumbra y viceversa; Distancia Foco-Película, la penumbra disminuye si se aumenta esta distancia, sin embargo hay que tomar en cuenta que al aumentar la distancia también se debe de aumentar el valor de mAs para mantener la misma densidad radiográfica; Distancia Objeto-Película, se debe de mantener esta distancia lo más corta posible (32, 37).
- Movimiento. Se refiere al movimiento del chasis, el tubo de rayos X o, como ocurre en la mayoría de las veces, al movimiento del paciente.
- Velocidad de la Pantalla y Velocidad de la Película. A mayor velocidad en ambas menor definición y viceversa (34, 36, 37).

### 4 DISTORSION

Un estudio radiográfico correcto debe de mostrar adecuadamente el tamaño, la forma y la localización de las estructuras anatómicas de un paciente. La distorsión se presenta cuando alguno de estos factores está presente.

- Acortamiento. Ocurre cuando una estructura no está paralela a la superficie del chasis, generalmente se presenta en estudios de huesos largos (fémur, humero).
- Magnificación o Amplificación. Se presenta cuando la distancia objeto-película está incrementada (fig 12) (17, 37).

## 5 ERRORES TECNICOS DEL REVELADO MANUAL

Los errores técnicos también se conocen con el nombre de artefactos, se definen como cualquier densidad ajena al estudio ocasionada por un mal manejo de la película, valores de exposición inadecuados, mal procesado y conservación errónea.

En forma general, se pueden clasificar de acuerdo al momento en el que ocurren, es decir, antes, durante y después del revelado (3, 11).

### 5.1 ARTEFACTOS ANTES DEL REVELADO

- Película Nublada (aparición gris). Radiación dispersa excesiva, radiación durante el almacenaje, excesiva humedad y/o calor durante el almacenaje
- Líneas Negras Manejo brusco de la película antes o después de la exposición (raspones, rayones, demasiada presión con los dedos), electricidad estática por baja humedad
- Áreas Negras. Áreas de bordes irregulares en una esquina o un lado, se deben a la exposición a la luz cuando la película está almacenada o por daño en el chasis que permite la entrada de luz
- Áreas Blancas Cuerpo extraño entre la película y la pantalla (pelo, papel, polvo, etc.), daño permanente en las pantallas ocasionado por algún químico, huellas dactilares por contaminación por aceite, grasa o líquido fijador
- Líneas de la Rejilla Visibles. Si se observan en toda la radiografía, la distancia foco{película no está dentro del rango o la rejilla no está perpendicular al haz primario; si son más visibles hacia un lado de la radiografía, la rejilla no está bien centrada con el haz primario.
- Detalle disminuido. *Movimiento del paciente, mal contacto película-pantalla, distancia película-objeto incrementada, distancia foco-película disminuida*
- Defectos en la Exposición. Las deficiencias más frecuentes son debidas al cálculo erróneo del tiempo de exposición, determinar el valor indicado es una tarea difícil que requiere mucha experiencia para lograr una radiografía óptima (17, 34).



## 5.2 ARTEFACTOS DURANTE EL REVELADO

- Densidad Incrementada con Bajo Contraste. Sobrerevelado (más tiempo del recomendado en el líquido revelador), temperatura de los líquidos incrementada, sobreexposición (alto kV o mAs).
- Densidad Disminuida con Bajo Contraste. Subrevelado, líquidos demasiado fríos o muy usados, subexposición
- Revelado desigual Líquidos no agitados antes de revelar, sacar la película de los líquidos frecuentemente, nivel de los líquidos desiguales
- Areas. Manchas o Rayas Negras. Si las manchas son idénticas en dos películas que fueron reveladas al mismo tiempo, se debe a que quedaron adheridas entre sí al introducirse al fijador y no fueron aclaradas adecuadamente, si la mancha solo se presenta en una radiografía se debe a que quedó adherida a la pared del tanque fijador, si el revelador salpica la película antes de ser revelada causa áreas negras bien definidas
- Areas Definidas con Disminución de Densidad (más claras) Si se presentan en dos películas que fueron reveladas simultáneamente, se debe a que permanecieron adheridas al introducirse al líquido revelador, si solo se presenta en una radiografía se debe a que quedó adherida a la pared del tanque revelador. Pudo existir la presencia de burbujas que quedaron adheridas a la película durante el revelado o que el líquido fijador salpicara la película antes del procesado.
- Areas o Manchas Claras. Se presentan cuando la emulsión ha sido dañada o cuando la película permanece demasiado tiempo en el lavado final ocasionando que la emulsión se desprenda de la base
- Película Completamente Clara Tiempo de revelado demasiado corto (sobre todo cuando los líquidos son muy viejos), la película no fue expuesta a la radiación o se colocó primero en el líquido revelador.
- Película Color Café. Se debe a un incorrecto lavado final (27, 46)

### 5.3 ARTEFACTOS DESPUES DEL REVELADO

- Mal Secado El agua remanente que queda en los seguros del bastidor escurre por la fuerza de gravedad, ocasionando líneas de color gris oscuro en la radiografía, analizar visualmente la radiografía en el negatoscopio antes de que el secado se complete ocasiona el mismo efecto, pero en mayor extensión; una radiografía húmeda colocada en el negatoscopio puede ocasionar que quede pegada a él y al despegarla se puede dañar la emulsión o incluso romper la radiografía. archivar radiografías húmedas ocasiona que se peguen permanentemente a las radiografías secas ocasionando el mismo efecto (1. 12).

## XII. SEGURIDAD RADIOLOGICA

La radiación daña los tejidos vivos por alterar las macromoléculas biológicas incluyendo ácidos nucleicos, enzimas, proteínas, polisacáridos, membranas y orgánulos. Sin embargo el DNA es el componente celular más sensible, por lo que son suficientes dosis reducidas de radiación para dañar de manera importante a un organismo (48,49).

Existen tres posibles consecuencias cuando la radiación impacta con una célula:

- Pasa a través de ella sin ninguna consecuencia
- Es dispersada

Es absorbida causando daño celular, se tienen dos teorías acerca de cómo se produce el daño:

**ACCION DIRECTA:** La radiación interactúa directamente con las moléculas de la célula causando ionización de las mismas, particularmente del DNA.

**ACCION INDIRECTA:** La radiación impacta con las moléculas de agua provocando la formación de pares de iones que se convierten rápidamente en radicales libres, es el tipo de daño más común por radiación X

En ambas teorías los daños a la célula son similares y pueden ser reparados por medio de mecanismos naturales dependiendo del tipo y la magnitud del daño (49).

### EFFECTOS SOBRE EL DNA

Cuando existe daño en el DNA por acción directa o indirecta ocurren principalmente las siguientes alteraciones

- Cambio de una base
- Ruptura de un enlace de hidrogeno entre las cadenas de DNA

- Ruptura del esqueleto de una cadena
- Ruptura del esqueleto de ambas cadenas
- Fractura y unión cruzada en una cadena de DNA
- Fractura y unión cruzada entre dos cadenas de DNA

## 2 EFECTOS SOBRE LA CELULA

- Muerte en interfase, ocurre en cualquier célula, se desconoce el mecanismo exacto por el que la célula muere
- Retraso en la división
- Fallo reproductivo, la célula pierde su capacidad reproductiva irreversiblemente
- Muerte reproductiva, las células mueren durante la mitosis o durante el siguiente ciclo mitótico (48)

## 3 EFECTOS SOBRE EL INDIVIDUO

Una vez que la célula ha sido dañada se presentan los efectos nocivos que pueden ser somáticos o hereditarios:

Los somáticos son aquellos que se presentan en el propio individuo, se presentan cambios en la célula de manera casi inmediata, pero no son aparentes dependiendo de la dosis. Si la dosis es muy alta se presentan efectos agudos (eritema, descamación seca o húmeda, pérdida de citoplasma), si las dosis son bajas pero durante tiempo prolongado se presentan los efectos crónicos (pérdida de estroma en los órganos, inducción de cáncer, acortamiento de vida y daño genético).

Los daños hereditarios incluyen mutaciones genéticas, y aberraciones cromosómicas que afectan a futuras generaciones (48,49).

#### 4 RADIOSENSIBILIDAD Y RADIORESPONSIVIDAD

La Radiosensibilidad es la susceptibilidad y respuesta de una célula a la radiación, una célula es mas radiosensible entre

- \*Mayor actividad mitotica tenga
- \*Mayor porvenir cariocinético posea (Divisiones futuras)
- \*Mas indiferenciada sea

De esta manera la mayoría de las células son clasificadas dentro de cinco grupos de radiosensibilidad Existe sin embargo una excepción a esta regla, los linfocitos maduros siendo celulas diferenciadas y con muy poca actividad mitotica son muy sensibles a la radiación (Cuadro 2) (1).

MUY SENSIBLES	RELATIVAMENTE SENSIBLES	SENSIBILIDAD INTERMEDIA	RELATIVAMENTE RADIORRESISTENTES	MUY RESISTENTES
Linfocitos maduros Eritroblastos Espermatogonias	Celulas de la granulosa Mielocitos Celulas de Criptas Intestinales Celulas basales de la epidermis	Células endoteliales ·Celulas de las Glándulas Gástricas ·Osteoblastos ·Condroblastos ·Espermatocitos	·Granulocitos ·Osteocitos ·Espermatozoides ·Eritrocitos	·Fibroцитos ·Condroцитos Células musculares Células nerviosas

Cuadro 2. Sensibilidad de las Células a la Radiación

La Radioresponsividad es la respuesta total de un tejido a la radiación. Esta depende directamente de la dosis de radiación recibida, de la radiosensibilidad de las células que lo componen de otros factores como la capacidad de división celular y el nivel de oxigenación del tejido (49)

## 5 RADIOPROTECCION

El objeto actual del diagnóstico radiológico es obtener un máximo de información diagnóstica con un mínimo de exposición del paciente, del personal de radiología y el público en general.

### 5.1 UNIDADES DE RADIACION

Durante muchos años las unidades roentgen, rad, y rem fueron usadas para cuantificar la cantidad de exposición a la radiación, la absorción de la radiación y su dosis equivalentes respectivamente. En 1977, se adoptó el Sistema de Unidades Internacionales (SI), que adoptaba el sistema métrico para cualquier tipo de medición. De esta manera las unidades roentgen (R) cambiaron a coulombio por kilogramo y las unidades rad por joules por kilogramo (43).

La radiación no se puede medir directamente ya que no tiene ni masa ni carga, se cuantifica indirectamente cuantificando alguno de los efectos que produce (50).

### 5.2 UNIDADES DE EXPOSICION

Siempre es necesario cuantificar la cantidad de radiación producida, en este caso, por una unidad de rayos X. Esta cuantificación se basa en calcular la cantidad de pares de iones que produce en cierta masa de aire y es expresada en coulombios de carga por kilogramo de aire (C/Kg). Anteriormente se utilizaba el roentgen (R), 1 R es igual a la producción de  $2.58 \times 10^{-4}$  C/kg en el aire (43).

### 5.3 UNIDADES DE DOSIS ABSORBIDAS

Como ya se mencionó anteriormente, la absorción de la radiación depende de la densidad de cada objeto. La unidad del SI para la dosis absorbida es el gray (Gy), y se define como la cantidad de radiación absorbida en joules por kilogramo de tejido (J/Kg). La unidad utilizada anteriormente era el rad (radiation absorbed dose), un rad equivale a 100 ergios/g.  $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ . En tejidos blandos una exposición de  $2.58 \times 10^{-4}$  C/Kg. (1 roentgen) equivalen a una dosis absorbida de

aproximadamente 0.9 cGy (0.9 rad), en el tejido óseo debido a su mayor densidad la absorción de radiación será de cuatro a cinco veces mayor (43).

#### 5.4 UNIDADES DE ABSORCIÓN EQUIVALENTES

En los tejidos vivos la misma dosis de radiación absorbida en Gy de diferentes tipos de radiación no causan los mismos efectos biológicos, se sabe por ejemplo que una dosis de radiación absorbida de partículas alfa causa más daño que la misma dosis absorbida de radiación X, por la diferencia de ionizaciones que causan en los tejidos. En el SI, la unidad de dosis de equivalencia es el Sievert (Sv), que es el resultado de la dosis absorbida en Gy multiplicada por un valor constante que en el caso de los fotones siempre será 1. Anteriormente la dosis de equivalencia se expresaba en rem (Roentgen o rad equivalent mammal),  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ . (49).

#### 5.5 MÁXIMA DOSIS PERMITIDA

La Máxima Dosis Permitida o Permisible (MDP) es la cantidad máxima de radiación absorbida que un individuo puede recibir en el cuerpo entero o en diversos órganos, sin un riesgo *significativo* de efectos dañinos, es acumulativa y se expresa por medio de la siguiente fórmula:

$\text{MDP} = 5 \text{ rem por año (Edad del individuo en años} - 18)$ . La MDP se calcula de a partir de datos extrapolados de curvas dosis-efectos experimentales, por lo tanto se considera segura en el contexto de que no hay evidencia de que se presenten daños inmediatos o efectos a largo plazo en los individuos que la reciben. Sin embargo, no se conocen los efectos que tenga el recibir dosis muy bajas de radiación.

#### 5.6 ALARA

De acuerdo con la filosofía actual, cualquier cantidad de radiación por poca que sea es dañina para el organismo. En 1989, se llegó a la conclusión de que los riesgos de la radiación habían sido subestimados hasta entonces, por ello se creó el principio de Tan Bajo Como Sea Posible (ALARA,

por sus siglas en inglés As Low As Reasonably Achievable), en el se establecen los siguientes puntos

- 1 - La dosis efectiva de por vida para un trabajador no debe de exceder su edad en años x 10 mSv (1 rem)
- 2 - La dosis efectiva en un año no debe de exceder 50 mSv (5 rem).
- 3 - Para el público en general la dosis recibida no debe de exceder 1mSv (0.1 rem)
- 4 - En caso de embarazo la dosis recibida no debe de exceder 0.5 mSv al mes (0.05 rem) (49).

## 5.7 DOSIMETRIA

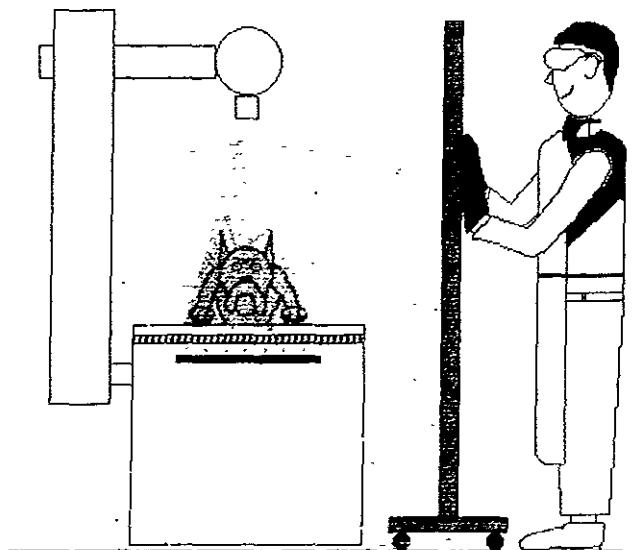
Como se menciona anteriormente la radiación solo puede ser medida de manera indirecta cuantificando alguno de los efectos que produce. Existen varios métodos para medir la radiación: Cámara de Ionización, Cámara Condensadora, Detector Geiger-Müller, Dosimetría Fotográfica, Dosimetría por Termoluminiscencia y Dosimetría por Cuerpos Sólidos

El método más utilizado en radiología es el dosímetro fotográfico. Se basa en el mismo principio de las películas radiográficas de modo que después del revelado de la película se presenta un mayor o menor oscurecimiento de ella. La placa fotográfica se coloca en una pequeña caja provista de diversos filtros situados en diversas zonas de la misma para evaluar la calidad de la radiación. Cada placa puede utilizarse durante dos o tres semanas. En la práctica se sitúan en la zona cuya exposición se desea controlar, de manera común en las personas que realizan estudios radiográficos se colocan en la bata a la altura del corazón. La calidad de las placas fotográficas usadas y las condiciones de lectura del ennegrecimiento deben estar perfectamente estandarizadas para que los resultados de distintas placas puedan cotejarse de forma fiable, por eso el procesamiento de dichas películas se realiza en un centro especializado (30,50).



## 5.8 PRINCIPIOS DE PROTECCION

- \*Ninguna persona debe de permanecer en la sala de radiología durante la exposición a menos que sea necesario
- \*No se debe permitir la entrada a personas menores de 18 años o mujeres embarazadas
- \*Se deben de usar objetos que ayuden a la correcta posición del paciente para evitar en la medida de lo posible la necesidad de que el personal permanezca en la sala, si es necesario se debe anestesiarse o tranquilizar al paciente.
- \*Nunca se debe de introducir alguna parte del cuerpo directamente en el haz de rayos X
- \*Nunca sostener el tubo, el chasis, ni el aparato de rayos X durante la exposición
- \*Se debe de reducir el campo del haz al máximo.
- \*Se deben de utilizar guantes, lentes o goggles, delantales y protectores tiroideos emplomados durante la exposición, se pueden utilizar otro tipo de barreras como plástico, vidrio o puertas emplomadas
- \*Se deben de utilizar combinaciones película-pantalla rápidas, siempre que sea posible, para minimizar el tiempo de exposición
- \*Maximizar la distancia entre la fuente de radiación y el personal, al incrementar la distancia al doble la dosis recibida disminuye hasta una cuarta parte (2, 19, 32, 30).



- |                      |                                    |
|----------------------|------------------------------------|
| □ HAZ DE RAYOS X     | ■ BARRERA PLOMADA(puerta o vidrio) |
| · RADIACION DISPERSA | □ MANDIL                           |
| REJILLA              | ■ GUANTES                          |
| ■ CHASIS-PELICULA    | ■ PROTECTOR TIROIDEO               |
|                      | □ LENTES                           |

Fig. 16 Protección Radiológica

### **XIII. PRINCIPIOS DE INTERPRETACION RADIOLOGICA**

La interpretación radiológica es el estudio detallado de todas las anomalías y alteraciones que pueda presentar la radiografía de un paciente, analizándolas y comparándolas con la anatomía normal llegando a conclusiones que son las que forman el diagnóstico (14,30)

Aunque existen muchas formas de llegar a un diagnóstico radiológico se puede estandarizar y adoptar un proceso conformado por varios pasos

- 1 Historia Clínica Hay que recordar que el fin principal de un estudio radiológico es confirmar o rechazar un diagnóstico clínico previo. La exploración previa o el examen físico establecerá la conveniencia de obtener una o más radiografías. Esto representa una ventaja si el médico Veterinario desempeña también la función de radiólogo, ya que conoce al punto la Historia Clínica del paciente.
- 2 Condiciones Adecuadas. Una vez obtenidas, las radiografías deben de ser observadas en las mejores condiciones, colocadas en un negatoscopio de un tamaño adecuado con luz blanca y de preferencia con variaciones de intensidad, en un lugar privado o cerrado para evitar cualquier tipo de distracción, ya que se sabe que esa es una de las principales causas de errores al diagnosticar (28. 31)
- 3 Colocación en el Negatoscopio: Con el objeto de unificar los criterios para la interpretación radiográfica, es conveniente mantener siempre una misma forma de observar las radiografías, así como la revisión sistemática de las mismas para así extraer la mayor información posible:
  - 3 1 Las proyecciones parciales, laterales, deben de analizarse con la parte craneal o rostral a la izquierda del radiólogo.

3.2 Las radiografías de extremidades, proyecciones craneocaudales, caudocraneales, dorsoplantares, dorsopalmares, plantarodorsales o palmarodorsales deben de observarse con la zona proximal de la extremidad hacia la parte superior del observador, no existiendo convenio para las posiciones relativas a los aspectos laterales.

3.3 Las radiografías de cabeza, cuello y tórax, ventrodorsales o dorsoventrales se colocan con la parte craneal o rostral en la parte superior y con la parte izquierda del paciente hacia la derecha del radiólogo (30).

4 Observación Sistemática. Se debe de observar toda la radiografía y no solo el área de interés, se recomienda "barrer" con la vista su totalidad, aprovechando la simetría que casi siempre existe en las regiones que se exploran. Una vez realizado lo anterior se debe evaluar detenidamente la radiografía e identificar lo siguiente

4.1 Artefactos ocasionados por la técnica de posición, por el proceso de revelado, por el chasis, por la película o por la(s) pantalla(s).

4.2 Variantes Normales, que se presentan por la especie, la edad, la raza o el sexo.

4.3 Identificar todas las estructuras normales y anormales que aparecen en las radiografías. Se puede comparar con una radiografía anterior o en el caso de ser radiografías de extremidades compararla con la radiografía de la extremidad opuesta del mismo paciente

4.4. Describir las lesiones. Una vez identificadas las lesiones se debe determinar su localización anatómica, posteriormente se describen las lesiones de acuerdo a su tamaño, forma, número y radiopacidad (densidad básica).

4.5 Correlacionar los hallazgos radiográficos anormales con los signos clínicos y con el resultado emitir un diagnóstico.

5 Elaborar una lista de diagnósticos diferenciales.

6 Ética y Profesionalismo Desde hace mucho tiempo los errores radiológicos y sus causas han sido extensamente revisados. Diversos estudios revelan que aproximadamente un 30% de los estudios radiológicos contienen un error\*\* ya sea en el diagnóstico, al interpretar las lesiones o de omisión. Se debe tomar en cuenta lo siguiente

6.1 Siempre que sea posible se debe de comparar con exámenes y reportes previos.

6.2 Consultar literatura especializada. Actualmente existen cerca de 43 fuentes especializadas en radiología, de las cuales *Veterinary Radiology & Ultrasound* es considerada la mejor fuente de información y la más consultada mundialmente

6.3 Práctica Mientras más radiografías se observen y se interpreten los tiempos de observación e interpretación irán disminuyendo sin que esto afecte significativamente la calidad de la interpretación y por ende el diagnóstico.

6.4 Pedir una Segunda Opinión Si se tiene alguna duda se debe de consultar con un experto en el ramo, sin que esto signifique cuestionar la capacidad del radiólogo involucrado en la primera interpretación (5.14,18,31,39,40)

## XIV. PROYECCIONES RADIOGRAFICAS

Obtener una radiografía de primera calidad implica varios factores importantes, uno de ellos es que en la radiografía se observe la zona anatómica solicitada en el estudio, lo cual está directamente relacionado con una posición adecuada del paciente durante la exposición. Bajo estas circunstancias se puede tranquilizar o anestésicar al paciente para lograr una óptima posición, tomando en cuenta su estado de salud, edad y estado fisiológico. Otra forma de posicionar correctamente a un paciente es valerse de ciertos utensilios como tela adhesiva, esponjas o hule espuma, cintas, vendas y todo aquello que pueda ayudarnos a realizar un buen estudio, sin que interfiera en la imagen obtenida (32)

Los estudios radiográficos de rutina deben de consistir, como mínimo, de dos proyecciones radiográficas con un ángulo de  $90^\circ$  entre ambas. En ocasiones es necesario adicionar otra proyección denominada oblicua (1)

### 1 NOMENCLATURA

La nomenclatura de las proyecciones radiográficas se refiere a la dirección de entrada y salida del haz, nombrándose siempre en primer lugar el punto de incidencia:

\*Craneocaudal (CrCd): Se utiliza en radiografías de extremidades, el haz penetra por la parte craneal de cualquier miembro y sale por su parte caudal que está en contacto con el chasis, esto es aplicable, en miembro torácico, de escápula a la articulación del carpo y, en miembro pelviano, de fémur a tarsos, ya que la nomenclatura cambia distalmente a partir de esta zona anatómica

\*Caudocraneal (CdCr). Se utiliza de igual manera en extremidades, el rayo penetra por la parte

caudal y emerge por la parte craneal.

\*Dorsoventral (DV): El haz penetra por la parte dorsal del animal y emerge por la parte ventral, el termino es aplicable solo en el tronco del animal, es decir, de tórax a pelvis y en cráneo.

\*Ventrodorsal (VD): El haz penetra por la parte baja o ventral del paciente y el dorso esta en contacto con el chasis.

\*Dorsopalmar. Palmarodorsal (DPa, PaD). Ambos términos se aplican en estudios de miembro toracico. obtenidos de la articulación del carpo hacia lo distal

\*Dorsoplantar, Plantarodorsal (DPI, PID) Estos términos se aplican solo en estudios de miembro pelviano. de la articulación del tarso hacia lo distal.

\*Rostrocaudal (RC) Este termino se aplica en estudios radiológicos de cabeza en los que el haz de rayos X penetra por cualquier parte anatómica rostral y sale por una zona anatómica caudal que esta en contacto con el chasis.

\*Mediolateral, Lateromedial (ML, LM) Se refiere a estudios de miembros torácicos y pelvianos, en los que el haz penetra por la parte medial del miembro y sale por la parte lateral y viceversa.

\*Laterolateral Derecha-Izquierda o Izquierda-Derecha (LLDI o LLID): En el primer caso el haz penetra por el lado derecho del tronco del paciente y emerge por el lado izquierdo, en el segundo caso pasa a la inversa, penetra por el izquierdo y emerge por el derecho, en ambos casos para simplificar se denominan Lateral Izquierda (LI) y Lateral Derecha (LD) respectivamente (31).

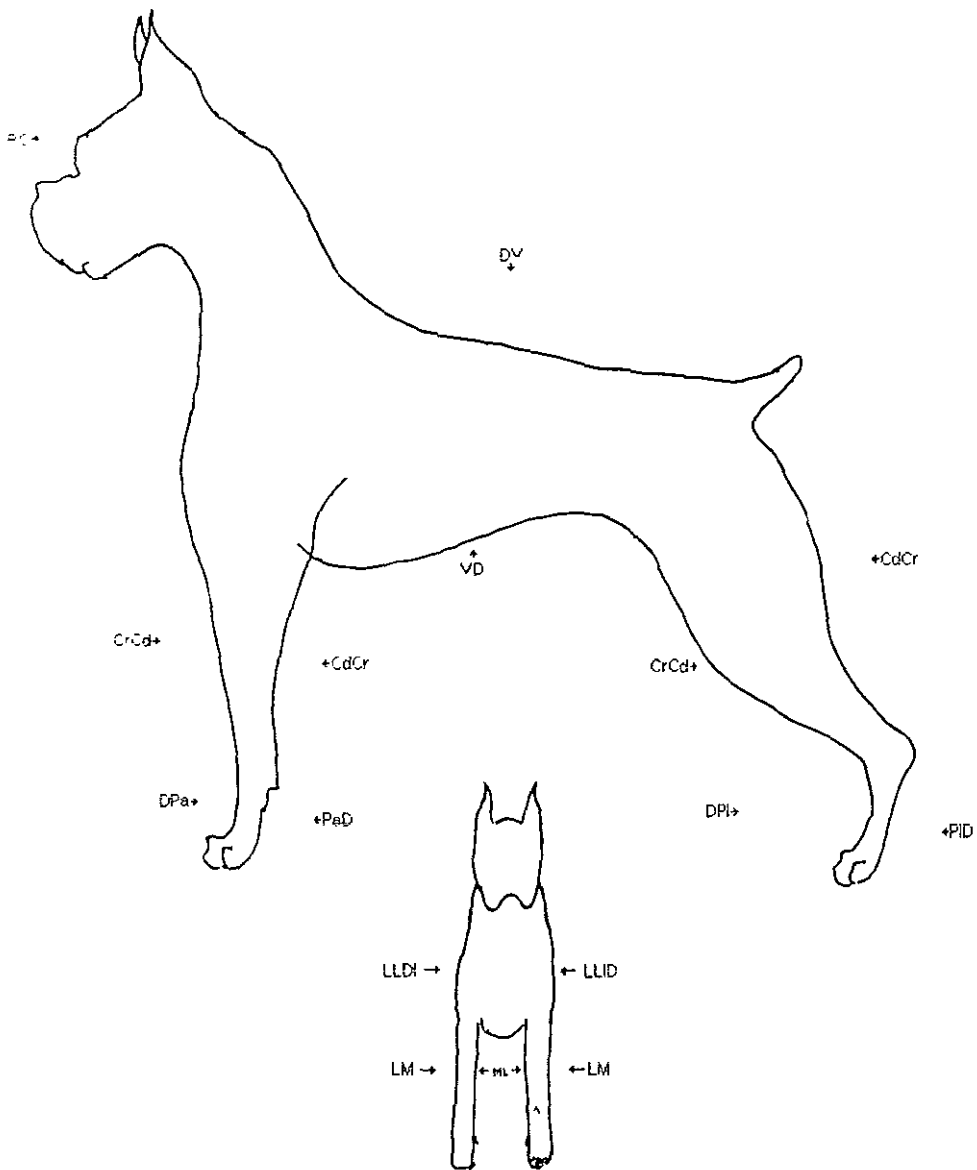


Fig 17 Proyecciones Radiográficas más comunes. RC: Rostrocaudal DV: Dorsoventral CrCd+: Craneocaudal DPa: Dorsopalmar +CdCr: Caudocraneal VD: Ventrodorsal DPI: Dorsoplantar +PaD: Palmarodorsal ML: Mediolateral LM: Lateromedial LLDI: Laterolateral Derecha-Izquierda o Lateral Izquierda LLID: Laterolateral Izquierda -Derecha o Lateral Derecha → Dirección del Haz



## 2 TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE CRANEO

Durante los estudios radiológicos del cráneo es indispensable una correcta posición del paciente, ya que la simetría es la principal característica de interpretación de una radiografía de esa zona anatómica. la falta de una buena sujeción es la causa más común de que las radiografías de cráneo no sean de calidad diagnóstica (6)

Siempre que sea posible se utilizara un aparato de alta potencia que genere un elevado mA junto con un breve tiempo de exposición. Los factores de exposición deben ser seleccionados con miras a obtener los mayores detalles posibles con una amplia gama de contrastes (9,32).

La imagen radiográfica de cráneo de mas alto detalle se produce con una película sin pantalla o una combinación de película y pantalla de velocidades lentas (6) Por otro lado, se pueden realizar estudios especiales relacionados con el sistema nervioso, este tipo de estudios consisten en la introduccion de algun medio de contraste en el canal medular (espacio subaracnoideo), y sirven para identificar lesiones o estructuras no visibles en una radiografía simple, esta técnica recibe el nombre de Mielografía.

### 2.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Lateral. Se coloca al paciente en decúbito lateral derecho o izquierdo dependiendo de la zona anatómica que nos interese. Se debe colocar un hule espuma o cualquier otro objeto radiolucido debajo de la mandíbula para elevar la nariz y que quede perpendicular a la mesa de rayos X

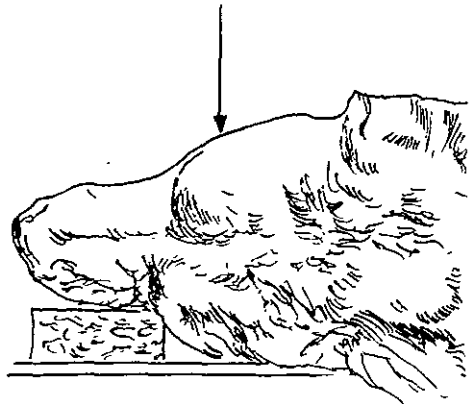


Fig 18 Proyección LL de cráneo (Martínez, 1992)

El rayo central debe incidir sobre el arco cigomático en un punto medio entre la oreja y el

ojo, si la porción anatómica de interés se encuentra más rostral, el rayo central debe incidir rostral y ventral al ojo, si interesan la mandíbula o los dientes el rayo debe colocarse en esta zona

b) Dorsoventral Se coloca al paciente en decúbito ventral. la mandíbula debe de estar paralela al chasis. para ello se puede utilizar tela adhesiva, o algún otro tipo de material que permita una

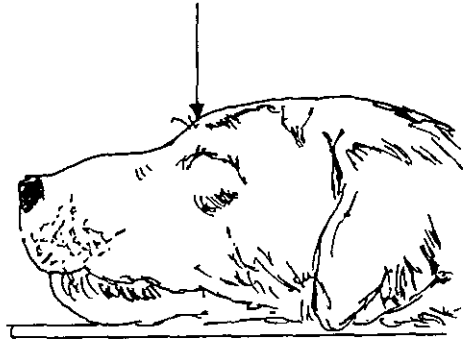


Fig 19. Proyección Dorsoventral de Craneo (Martinez.1992)

correcta posición, ya que es indispensable que el cráneo se observe simétrico y no oblicuo. El rayo central debe incidir entre ambos ojos.

En ambas proyecciones la técnica utilizada provee una buena imagen de las porciones de mayor grosor, sin embargo, los conductos nasales se pueden observar sobrepuestos y se requiere para su evaluación una luz más brillante. Si se requieren estudios dentales se debe de incrementar el valor del kV por su mayor densidad. Se necesita rejilla solo en pacientes muy grandes (10,13,22,34,35).

## 2.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

Existen otras proyecciones de uso regular en estudios de cráneo, algunas de ellas y las estructuras que se observan mas claramente en cada una son:

- \*Ventrodorsal: Provee básicamente de los mismos datos que la proyección dorsoventral
- \*Ventrodorsal con la boca Abierta: Se observan con mayor claridad arco cigomático, órbita, regiones nasal y etmoidal, senos nasales y dientes maxilares. El rayo central debe tener una inclinación de aprox. 20°
- \*Rostrocaudal (Frontal). Arco cigomático órbita, senos frontales, forámen magno.
- \*Rostrocaudal con la boca Abierta (Basilar): Bulla timpánica, articulaciones temporomandibulares,

proceso odontoides.

\*Oclusal Ventrodorsal: muestra la parte más rostral de la mandíbula, incluyendo las piezas dentales

\*Oclusal Dorsoventral Se observa la parte rostral del maxilar, piezas dentales, cavidad nasal y senos paranasales

\*Lateral Oblicua: bulla timpánica, mandíbula, articulaciones temporomandibulares

\*Lateral Oblicua con la Boca Abierta Existen dos variantes, en la primera se evalúa el maxilar y sus piezas dentales, en la segunda se evalúan la mandíbula y sus piezas dentales (10,35,37,41).

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

### 3 TÉCNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE COLUMNA

Para realizar estudios de columna vertebral se deben realizar en pacientes anestesiados o tranquilizados, exceptuando a pacientes tranquilos y aquellos en los que su vida este comprometida.

Se prefiere para cualquier zona de la columna una técnica de baja escala, es decir, alto mAs y bajo kV, además se recomienda la utilización de rejilla (6,7,23).

Una radiografía del todo o de un conjunto amplio de la columna, sólo nos daría una idea global y unicamente nos sería útil en lesiones muy graves y muy visibles Radiográficamente la columna debe ser delimitada en zonas pequeñas y cada una de estas zonas con un máximo de seis vértebras: cervical (C1-C6), cervico-torácicas (C6-T3), torácicas (T3-T7, T7-T11), toraco-lumbares (T11-L3), lumbares (L2-L6), lumbosacra (L6-S3), en esta ultima proyección pueden aparecer algunas o todas las vértebras coccigeas del paciente dependiendo de su tamaño (12,30).

#### 3.1 COLUMNA CERVICAL

##### 3.1.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Lateral Para una proyección lateral se requiere elevar ligeramente la nariz del paciente y dar soporte a la mandíbula, además se debe de colocar algún material que eleve la zona media del cuello (entre C4 y C7) y otro entre los miembros toracicos para evitar la rotación del tórax, el rayo central debe estar centrado en las vértebras C3 y C4 (7, 10).

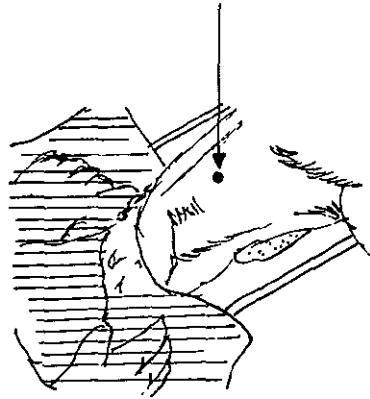


Fig 20 Proyección LL de Columna Cervical (Douglas,1987)

b) Ventrodorsal: Se coloca al paciente en decúbito dorsal, sus miembros se retraen caudalmente, es importante que todo el cuerpo permanezca en una posición estricta, el rayo central debe

impactar en la vertebra C4 o C5 (7, 33)

### 3.1.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

\*Dorsoventral. Provee de la misma información que la proyección ventrodorsal.

\*Proyecciones Oblicuas: Son de difícil interpretación, básicamente se utilizan para observar el proceso odontoides y como complemento de estudios con medio de contraste (mielografía).

\*Lateral en Flexión y en Extensión Se utilizan en mielografías para visualizar la médula espinal (7.30.33)

## 3.2 COLUMNA CERVICO-TORACICA

### 3.2.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Ventrodorsal: La posición del paciente es en decúbito dorsal, el rayo central se coloca entre ambas articulaciones del hombro. Una correcta posición es indispensable, ya que si el paciente se gira ligeramente, la escápula se sobrepondrá a la imagen deseada. Se recomienda inclinar el haz unos 20° dorsocraneal-ventrocaudal con respecto a la posición del paciente en la mesa

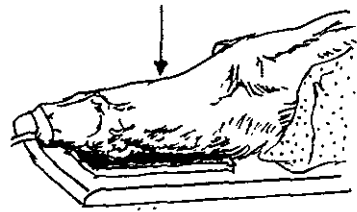


Fig 21 Proyección VD de Columna Cervical (Douglas, 1987)

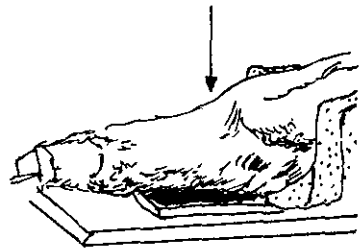


Fig 22 Proyección VD de Columna Cervico-Toracica (Han, 1994)

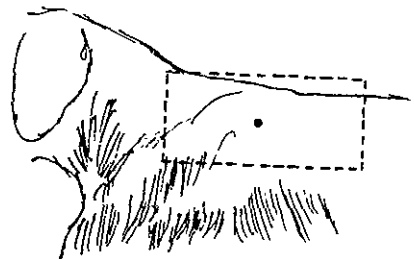


Fig 23 Proyección LL de Columna Cervico-Toracica (Han, 1994)

b) Lateral: Paciente en decúbito lateral, los miembros torácicos son retraídos caudalmente para evitar la sobreposición, el rayo central debe de ser perpendicular e impactar en la superficie craneal de la escápula, se debe de incrementar el kV para una adecuada penetración de la articulación (7,12)

### 3.2.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

\*Dorsoventral. El animal se coloca en decúbito ventral, el haz debe ser paralelo a la mesa

## 3.3. COLUMNA TORACICA

### 3.3.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Ventrodorsal: Paciente en decúbito dorsal, los miembros torácicos se extienden cranealmente, el esternón debe quedar perpendicular con las vértebras. dependiendo del tamaño del paciente se pueden realizar dos proyecciones iguales dividiendo la columna torácica en dos porciones (de T3 a T7 y de T7 a T11).

b) Lateral: Paciente en decúbito lateral, se debe evitar que se gire el cuerpo con hule espuma o algun otro aditamento colocado en la parte

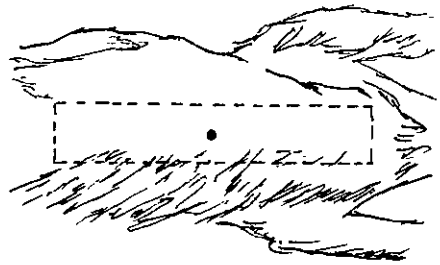


Fig 24 Proyección VD Columna Torácica (Han, 1994)

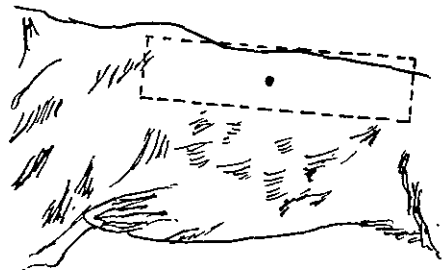


Fig 25. Proyección LL de Columna Torácica (Han, 1994)

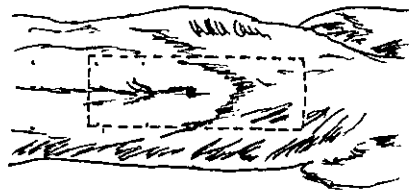


Fig 26 Proyección VD de C Toraco-Lumbar (Han, 1994)

inferior a la altura del esternón y entre los miembros torácicos (7,33)

### 3.3.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

a) Dorsoventral

## 3.4 COLUMNA TORACOLUMBAR

### 3.4.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Ventrodorsal. Paciente en decubito dorsal, se extienden los cuatro miembros, el rayo central debe caer sobre T13-L1

b) Lateral. Decubito lateral. los cuatro miembros extendidos. rayo central entre T13-L1.

### 3.4.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

a) Dorsoventral

## 3.5. COLUMNA LUMBAR

### 3.5.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Ventrodorsal. Decubito dorsal con los cuatro miembros extendidos, se usa una tensión continua para mantener abiertos los espacios intervertebrales, el rayo central debe caer perpendicular entre las vértebras L4-L5.

b) Lateral. Decubito lateral. elevar ligeramente

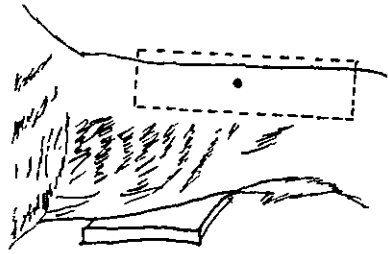


Fig 27. Proyección LL de C Toraco-Lumbar (Han, 1994)

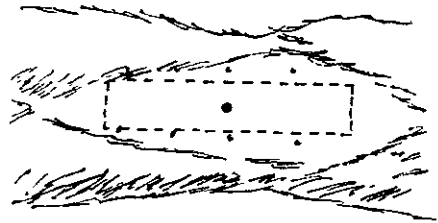


Fig 28. Proyección VD de Columna Lumbar (Han, 1994)

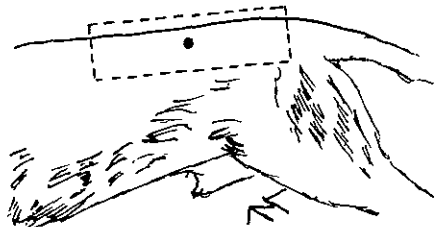


Fig 29. Proyección LL de Columna Lumbar (Han, 1994)

el esternon, colocar algodón o hule espuma entre los miembros pelvianos a la altura de la parte media del fémur, el rayo central debe caer perpendicular a las vértebras L3-L4 (7,33)

### 3 5 2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

a) Dorsoventral

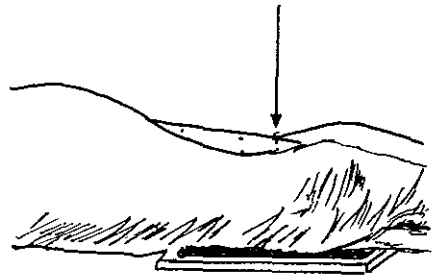


Fig. 30. Proyección VD de C Lumbo-Sacra (Han, 1994)

## 3 6 COLUMNA LUMBOSACRA

### 3 6.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Ventrodorsal. Decúbito dorsal, las alas del ilion deben de ser paralelas a la mesa. El rayo central debe ser perpendicular y caer en la línea media a la altura de las alas del ilion. Si se desea observar mejor el espacio de la articulación lumbo-sacra el rayo se debe inclinar unos  $20^\circ$  de craneal a caudal (17)

b) Lateral. Decúbito lateral, las alas del ilion deben quedar sobrepuestas, el rayo central debe caer en esa zona, se debe incrementar el kV (33)

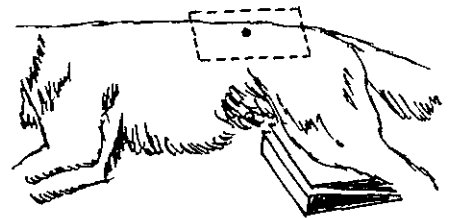


Fig 31 Proyeccion LL de C Lumbo-Sacra (Han, 1994)

### 3 6 2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

a) Dorsoventral.



#### 4 TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE PELVIS

Es una zona anatomica en la que comunmente se realizan estudios radiológicos a consecuencia de traumatismos y desarrollo anormal de la articulación coxofemoral. Se prefieren estudios con valores altos de kV (19.34)

##### 4.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) lateral Decúbito lateral, las alas del ilion deben de quedar sobrepuestas una con otra, se desplaza ligeramente craneal el miembro izquierdo para separar en la radiografía las cabezas femorales, elevar el valor de kV.

b) Ventrodorsal. Se recomienda tranquilización o anestesia para la correcta posición del paciente que es en decúbito dorsal, los miembros torácicos se extienden cranealmente, las alas del ilión deben de ser paralelas a la mesa, el chasis debe de ser lo suficientemente grande para abarcar desde las alas del ilión hasta la articulación de la rodilla, los miembros pelvianos se sujetan a la altura de la articulación del tarso, se retraen caudalmente y se giran hacia adentro (19)

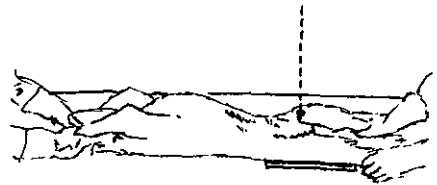


Fig 32. Proyección VD de Pelvis (Schebitz, 1994)

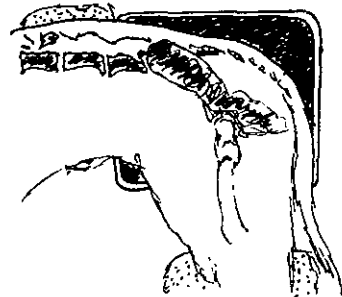


Fig 33 Proyección LL de Pelvis (Douglas, 1987)

##### 4.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

\*Ventrodorsal con los Miembros Flexionados

Los miembros pelvianos son aducidos al máximo,

De tal manera que se adopta una posición de “rana”, con las rodillas flexionadas, se utiliza en estudios de displasia.

\*Ventrodorsal con los miembros extendidos: Es igual que la posición ventrodorsal simple, solo que en esta se utiliza un objeto radiolúcido que se coloca entre las rodillas del paciente y se ejerce mayor fuerza al rotar los miembros hacia adentro, sirve para determinar el grado de laxitud de las articulaciones

\*Ventrodorsal con los miembros en distracción: Los miembros se sujetan y se colocan en una posición perpendicular a la mesa, sirve para apreciar la máxima distracción de la cabeza femoral.

## 5 TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE MIEMBRO TORACICO

En estudios de miembros torácico y pelviano se recomienda el uso de películas con emulsión simple y una sola pantalla ya que de esta manera se obtiene un buen detalle de las estructuras óseas. Las extremidades se pueden radiografiar con valores bajos de kV y altos de mAs, pero los tejidos blandos adyacentes al tejido óseo se sobreexpondrán lo que puede hacer que se pierda información valiosa para un diagnóstico por la técnica de alto contraste (23).

Las proyecciones laterales son relativamente fáciles de realizar, sin embargo la proyección de la parte proximal del miembro representan una mayor dificultad por el problema de no poder colocarlo en una posición paralela a la mesa ocurriendo una distorsión geométrica. Las proyecciones oblicuas son mas bien realizadas en codo, carpos y dedos

### 5.1 DEDOS, METACARPOS y CARPOS.

a) Mediolateral Decúbito lateral con el área de interés sobre la mesa, el miembro que no interesa se retrae caudalmente, el rayo central debe ser perpendicular y caer sobre los metacarpos, la mayoría de las veces se prefiere una proyección ligeramente oblicua para evitar la sobreposición de los dedos. En el caso de la articulación del carpo el rayo central debe de caer perpendicularmente sobre ella.

b) Dorsopalmar. Se coloca al paciente en decúbito ventral (posición de esfinge), el haz se centra en los metacarpos, incluyendo carpos

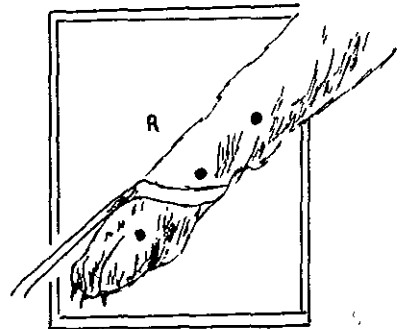


Fig 34 Proyección ML de Dedos, Metacarpos y Carpos

(Han. 1994)

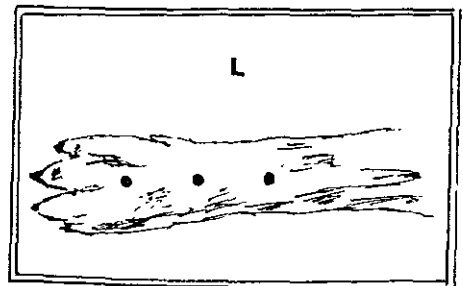


Fig 35 Proyección DPa Dedos, Metacarpos y Carpos

(Han. 1994)

los dedos, se debe de marcar el lado derecho o izquierdo. En la articulación del carpo solo se centra el haz sobre ella.

### 5.2 RADIO Y ULNA

a) Mediolateral. Decúbito lateral, se extiende el miembro afectado distalmente, el rayo central debe caer perpendicularmente en el tercio medio del radio. la colimación del haz debe de incluir tanto a la articulación del carpo como a la del codo. Colocar un marcador de orientación.

b) Craneocaudal. Decúbito ventral, se debe tener cuidado de colocar correctamente el olécranon para obtener una proyección lo más estricta posible. Obtener tanto la articulación del carpo como la del codo. Colocar un marcador de orientación.

Para obtener la articulación del codo simplemente se limita el haz en esa zona, las proyecciones son las mismas que para radio y ulna. en la proyección mediolateral se puede flexionar la articulación tanto como se desee.

### 5.3. HUMERO

a) Mediolateral. Decúbito lateral, el miembro de

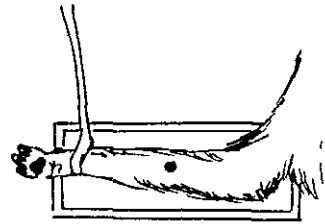


Fig 36 Proyección ML de Radio y Ulna (Han, 1994)

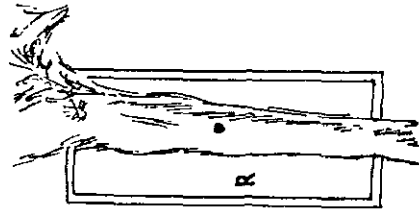


Fig 37 Proyección CrCd de Radio y Ulna (Han, 1994)

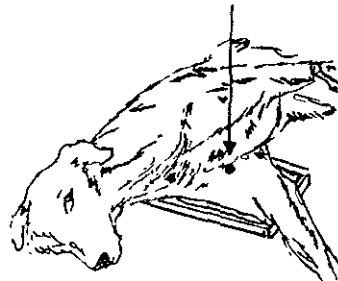


Fig 38. Proyección ML de Húmero (Douglas, 1987)

interés sobre el chasis, el miembro que no interesa se extiende caudalmente, se incluyen las articulaciones del codo y del hombro Colocar un marcador de orientación

b) Craneocaudal Decúbito ventral, esta proyección es difícil de realizar por la posición anatómica del humero, se debe de extender lo más cranealmente posible el miembro de interés de tal manera que se procure colocarlo lo más paralelo posible a la mesa, se debe de inclinar el rayo de 10° a 20° con el fin de minimizar la distorsión geométrica.

c) Caudocraneal Esta proyección se puede realizar de dos formas, estando el paciente en decúbito lateral, se coloca el miembro de interés hacia la parte superior, el chasis se coloca craneal al humero. tiene la desventaja de que el haz debe de ser paralelo a la mesa de rayos X; otra forma es, estando el paciente en decúbito ventral extender el miembro afectado cranealmente hasta colocarlo paralelo a la mesa, tiene la desventaja de que la distancia

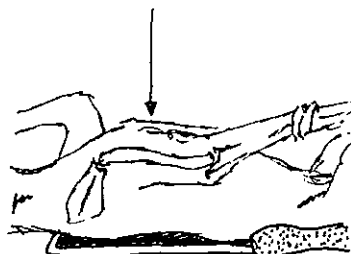


Fig. 39 Proyección CrCd de Húmero (Douglas, 1987)

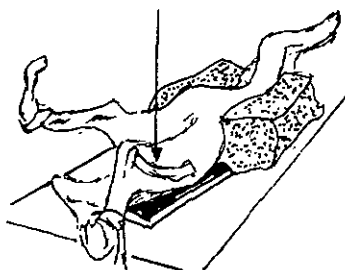


Fig. 40 Proyección CdCr de Húmero (Douglas, 1987)

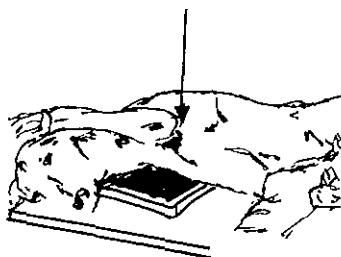


Fig. 41 Proyección ML de Escápula (Douglas, 1987)

Para obtener la articulación del hombro se utilizan las mismas proyecciones que se utilizan en humero solo que se limita el haz de rayos X a esa zona específicamente (18,41)

#### 5.4 ESCAPULA

a)Mediolateral Decúbito lateral, el miembro de interés sobre el chasis y el contrario retraído caudalmente. se incluye en la proyección la articulación del hombro y el borde dorsal de la escapula, el rayo central debe caer perpendicular en el tercio medio de la misma.

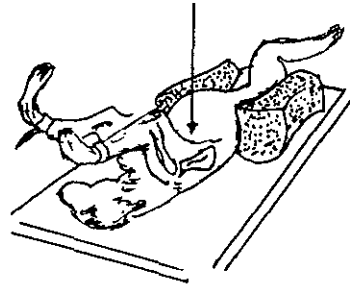


Fig. 42 Proyección CdcR de Escápula (Douglas 1987)

b)Caudocraneal Decúbito ventral, se extiende cranealmente el miembro de interés, se gira ligeramente el cuerpo del paciente para que no se sobreponga en la imagen (17,22,41)

## 6 TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE TORAX

### 6.1 PROYECCIONES ESTANDAR

Se prefiere que los estudios radiológicos de torax sean con valores altos de kV, lo anterior para obtener una radiografía con una escala de contrastes alta, que permita la visualización del tejido que se encuentra detrás de las costillas a) Lateral. Es indiferente la proyección derecha o izquierda, ya que se obtiene la misma imagen, solo en el caso de que se sospeche de alguna lesión conviene colocarla del lado del chasis, se debe de realizar en inspiración procurando utilizar tiempos de exposición muy breves para evitar el borronamiento que produce el movimiento respiratorio y del corazón. Los miembros torácicos se extienden cranealmente, elevar ligeramente el esternón, la proyección debe abarcar del manubrio del esternón hasta la última costilla.

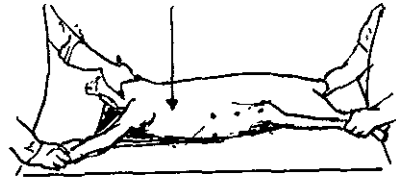


Fig. 43 Proyección Lateral de Tórax (Schebitz, 1994)

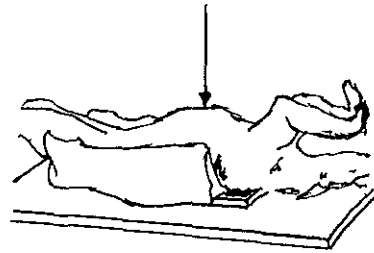


Fig. 44 Proyección VD de Torax (Douglas, 1987)

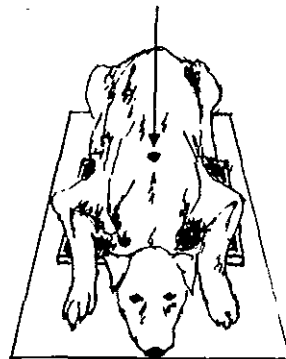


Fig. 45 Proyección DV de Tórax (Douglas, 1987)

b) Ventrodorsal: Es una posición relativamente cómoda para el paciente. lo que le permite un mayor esfuerzo inspiratorio, los límites del haz

son los mismos que para la proyección lateral

c)Dorsoventral: Provee una mejor imagen cardiaca, sus limites son los mismos que para la VD (10,17,30)

## 6.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

\*Oblicuas Ventrodorsales Izquierda y Derecha. Para evaluar masas en mediastino y pleura.

\*Proyección Horizontal: Con el paciente de pie, sirve para evaluar la presencia de fluidos o aire en cavidad pleural o pulmonar

\*Proyecciones en espiracion: Detectan pequeñas cantidades de liquido pleural o neumotórax, puede ayudar en el diagnóstico de colapsos traqueal y/o bronquial (31,35)



## 7. TECNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE ABDOMEN

Los estudios radiográficos en las pequeñas especies son frecuentemente utilizados como una forma de diagnóstico que permite evaluar los diferentes órganos y tejidos que se encuentran dentro y fuera de la cavidad abdominal (ver apéndices I y II, págs. 87 y 92).

Para poder apreciar hasta las más pequeñas lesiones abdominales necesitamos radiografías de excelente calidad, ya que tanto la sobrexposición como una subexposición crearán falsos resultados (22.31)

### 7.1 PROYECCIONES ESTANDAR

a) Lateral El paciente debe de colocarse en decúbito lateral izquierdo o derecho, se recomienda que la posición siempre sea la misma en todos los pacientes para familiarizarse con la imagen obtenida, los miembros torácicos son extendidos cranealmente y los pelvianos caudalmente, el haz es centrado en la parte media del abdomen, abarcando desde el décimo espacio intercostal hasta el trocánter mayor del fémur. Se debe realizar en el punto máximo de espiración

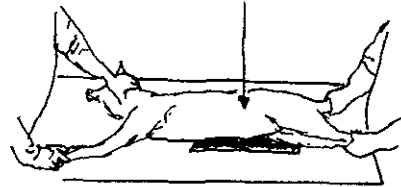


Fig 46 Proyección Lateral de Abdomen (Schebitz. 1994)

b) Ventrodorsal Decúbito dorsal, los límites del haz son los mismos que para la proyección lateral (15.18.35.41)

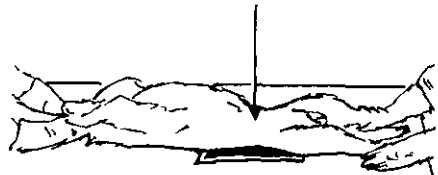


Fig 47 Proyección VD de Abdomen (Schebitz.1994)

## 7.2 PROYECCIONES COMPLEMENTARIAS

Dorsoventral Permite una posición normal de las vísceras abdominales, se recomienda en pacientes disneicos

\*Oblicuas Dorsoventrales Izquierda o Derecha, Laterales en Flexión, Horizontales: Se utilizan en pocas ocasiones, sirven para evaluar uréteres, delimitar masas que se aprecian en las proyecciones estándar y para detectar la presencia de líquido en poca cantidad (30).

## 8 TÉCNICA RADIOLOGICA PARA ESTUDIOS DE MIEMBRO PELVIANO

Las proyecciones radiológicas laterales de todo el miembro pelviano son relativamente fáciles de realizar, el problema al igual que con el miembro torácico es la posición de los huesos en el extremo proximal del miembro. Las proyecciones oblicuas se utilizan en tarsos, metatarsos y dedos. Es importante siempre utilizar marcadores de orientación del paciente.

### 8.1 FEMUR

a)Craneocaudal: La posición es la misma que para la proyección VD de pelvis, con la diferencia que el rayo central se coloca en el tercio medio del fémur

b)Mediolateral: Decúbito lateral, el miembro de interés en contacto con el chasis, abducción del miembro opuesto, de tal manera que quede fuera del campo del haz, se incluyen las articulaciones de la cadera y rodilla.

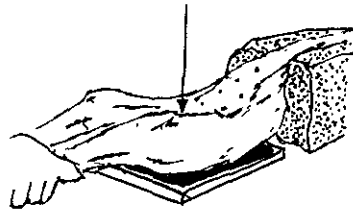


Fig 48. Proyección CrC'd de Fémur (Douglas 1987)

### 8.2 RODILLA

Se utilizan las mismas proyecciones que para fémur, simplemente el rayo central debe de caer perpendicularmente sobre la articulación.

ademas se pueden utilizar otras proyecciones:

\*Caudocraneal. La posición es incómoda, el haz debe ser inclinado entre 10 y 20°

Proximodistal (flexión): Sirve para evaluar la posición y forma de la patela

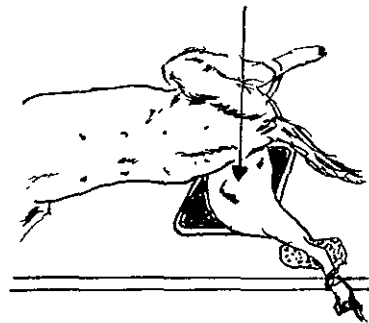


Fig 49. Proyección ML de Femur (Douglas, 1987)

### 8.3 TIBIA Y FIBULA

a) Mediolateral Decúbito lateral, el miembro de interés sobre el chasis y el contrario se retrae caudalmente, se centra el haz en el tercio medio de la tibia incluyendo rodilla y tarsos.

b) Caudocranial Decúbito ventral, el miembro de interés se retrae caudalmente con cierta tensión, se rota ligeramente para que la patela quede exactamente en el centro de la articulación. El rayo central cae perpendicularmente sobre el tercio medio de la tibia, se incluyen las articulaciones de la rodilla y del tarso.

### 8.4 TARSOS, METATARSOS y DEDOS

a) Mediolateral: Misma técnica que la proyección mediolateral de tibia y ulna, solo que el rayo central debe caer perpendicularmente en la articulación, en el tercio medio de los metatarsos o en la falange media, en estas dos últimas regiones se prefiere que la proyección sea ligeramente oblicua

b) Plantarodorsal Decúbito ventral, se extiende el miembro de interés caudalmente, el rayo central

debe ser perpendicular a la articulación, tercio medio de los metatarsos o falange media.

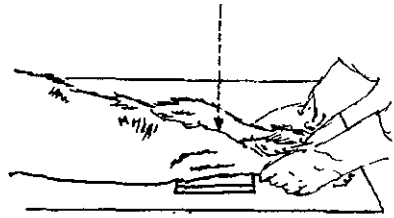


Fig. 50. Proyección CrCd de Rodilla (Schebitz, 1994)

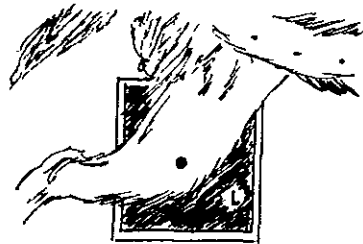


Fig. 51. Proyección ML de Rodilla (Han, 1994)



Fig. 52. Proyección ML de Tibia y Fibula (Douglas, 1987)

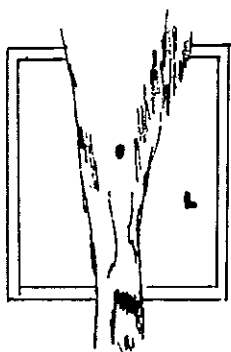


Fig. 53 Proyección CdCr de Tibia y Fibula (Han, 1994)

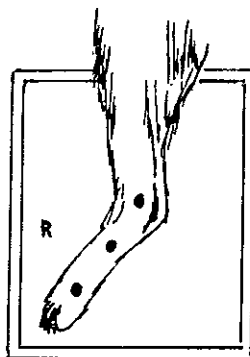


Fig. 54 Proyección ML de Tarsos, Metatarsos y Dedos (Han, 1994).

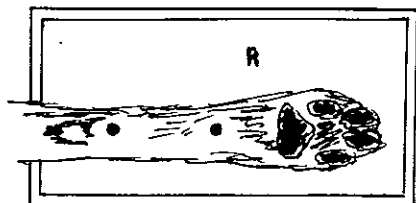


Fig. 55 Proyección PID de Tarsos, Metatarsos y Dedos (Han, 1994)

## XV. APENDICE I

### I PRINCIPIOS DE INTERPRETACION DE RADIOLOGIA HEPATICA

El mayor problema al realizar un estudio radiográfico de la cavidad abdominal es la identificación y diferenciación de un órgano en particular, esto se dificulta no solo porque el contenido (densidades) de los diferentes órganos varia, sino también porque las diferentes siluetas se sobreponen (Efectos de Adición y Silueta). Se recomienda el uso de rejilla en pacientes que presenten un abdomen de mas de 10 cm de espesor y dietar al paciente y vaciar la vejiga (1,30).

### 1.1 ANATOMIA RADIOLOGICA

El hígado en perros y gatos consiste de 6 lóbulos: lateral derecho, medial derecho, medial izquierdo, lateral izquierdo caudado y cuadrado (34, 42). Ocupa la zona más craneal de la cavidad abdominal del lado derecho. La radiografía del hígado es bastante critica por encontrarse sobrepuesto en diversas zonas a otras estructuras, por ello la exposición debe ser la adecuada para penetrar este tejido pero manteniendo al mismo tiempo el contraste necesario para diferenciar entre el tejido hepático, la grasa que lo rodea y los restantes órganos próximos o superpuestos (30). La determinación del tamaño hepático exige delimitar los bordes del órgano que pueden observarse en algunas zonas de manera directa y en otras determinando los perfiles de los órganos adyacentes. En una proyección lateral la zona craneal está delimitada por el diafragma, los márgenes izquierdo y derecho se encuentran muy cerca de las paredes abdominales pero pueden ser visualizados si la cantidad de grasa abdominal es la "adecuada". El borde dorsal del hígado generalmente no se observa. El borde caudal (cóncavo) no se observa directamente, pero su posición puede ser estimada por su relación con otros órganos. El borde dorsocaudal es adyacente al polo craneal del riñón derecho, la pared craneal del estomago define el margen caudal del hígado en la

region abdominal media y el borde ventral esta formado por el lóbulo lateral izquierdo. La opacidad que se observa ventral al antro pilórico en forma de triángulo esta formado en su parte craneal por el lóbulo medial derecho y caudalmente por el lóbulo lateral izquierdo (1)

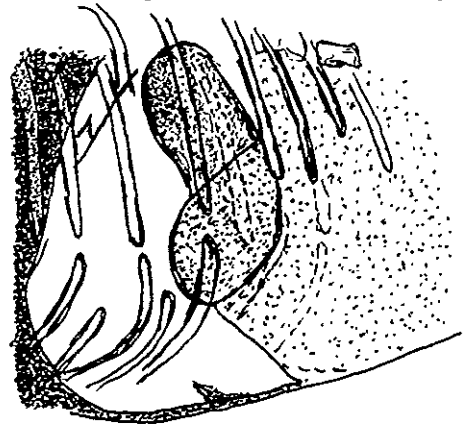


Fig 56 Anatomía Radiológica Hepática Vista lateral

(Martínez, 1992)

En una proyección ventrodorsal el borde caudal del lóbulo lateral derecho esta indicado por la flexura duodenal craneal. El polo craneal del riñon derecho limita con el borde caudal del lóbulo caudal y el fondo gastrico indica el borde caudal del lóbulo lateral izquierdo. Los bordes caudales de los lobulos medial derecho, cuadrado y medial izquierdo están delimitados por la curvatura menor del estomago (30, 43).

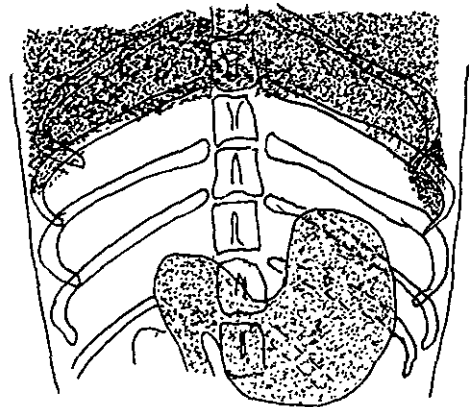


Fig 57 Anatomía Radiológica Hepática Vista VD

(Martínez, 1992)

Basicamente el reconocimiento de las anomalías del hígado depende de observar cambios en su tamaño, forma, posición, márgenes y radiopacidad (43)

## 1.2 ALTERACIONES EN EL TAMAÑO

Las alteraciones en el tamaño pueden ser primarias debidas a patologías hepáticas propias, o secundarias debidas a lesiones en otros órganos. En las proyecciones de rutina (LL y VD) se pueden identificar variaciones de tamaño pero nunca su

causa. por lo tanto el diagnostico es dependiente de la experiencia del radiólogo y subjetivo por la probabilidad de error (30).

### 1 2 1 HEPATOMEGALIA

Una gran parte del hígado se proyecta caudalmente al arco costal, haciendo más ancho y redondo el ángulo hepático, hay desplazamiento caudal del estomago y posiblemente del riñón derecho, de la flexura duodenal craneal y del colon transverso Las causas más comunes de esta patología son entre otras Enfermedad inflamatoria difusa o localizada, neoplasias (primaria o metastásica), congestión venosa, cirrosis, abscesos, quistes, entre otras (34, 40)

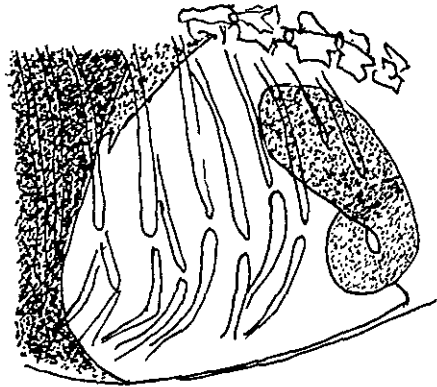


Fig 58 Hepatomegalia Vista Lateral (Owens, 1982)

### 1 2 2 MICROHEPATIA

El estomago se desplaza cranealmente y posiblemente del riñón derecho, de la flexura craneal del duodeno y del colon transverso; posibles márgenes redondeados. Posibles causas: cirrosis, puente porto-sistémico, (34 44)

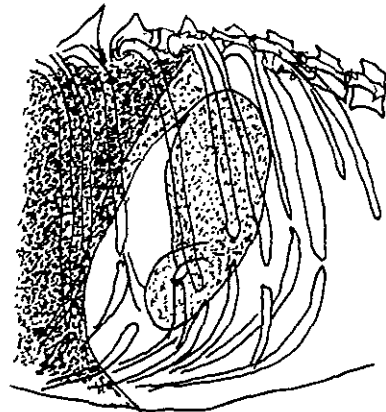


Fig 59. Microhepatia. Vista Lateral (Owens, 1982)

### 1 3 ALTERACIONES EN LA POSICION

Básicamente se refiere a un desplazamiento del órgano cranealmente, esto puede deberse a hernia diafragmática o a hernia diafragmática peritoneopericardica También se puede deber a enfermedades torácicas (efusión pleural), en este caso el hígado se desplaza caudalmente (1)



### 1.3 ALTERACIONES EN LA RADIOPACIDAD

La radiopacidad del hígado es normalmente homogénea, incrementos o decrementos en su opacidad son raros. La radiopacidad incrementada se debe solo a mineralización y puede afectar a uno o más lóbulos (neoplasias, enfermedades granulomatosas, quistes parasitarios). Una disminución en su radiopacidad puede ocurrir raramente y se debe al acumulo de gas en la vesícula o en los conductos biliares, si se llega a presentar es un signo radiográfico grave (1, 30).

### 1.5 ESTUDIOS ESPECIALES

Se han utilizado diversas técnicas con medios de contraste tratando de mejorar el diagnóstico radiográfico de las enfermedades hepáticas; técnicas relativamente nuevas como la resonancia magnética y la medicina nuclear son superiores a la radiología en cuanto al diagnóstico, sin embargo, por su alto costo están al alcance de una mínima parte de los pacientes afectados, por ello las técnicas radiológicas siguen siendo más accesibles, pero no comunes, para el diagnóstico de los padecimientos hepáticos. Las cuatro técnicas conocidas son: Neumoperitoneografía, angiografía, colecistografía y colangiografía (43).

#### 1.5.1 NEUMOPERITONEOGRAFIA

La neumoperitoneografía es la introducción de algún gas estéril (aire, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) en la cavidad abdominal realizándose una serie de proyecciones en diversos momentos para delimitar los distintos lóbulos hepáticos y posibles masas hepáticas. De las técnicas de contraste hepáticas, esta es la más utilizada (30). Su metodología es la siguiente.

- Ayuno del paciente 24 h antes del estudio. No se necesita en pacientes con vomito o anorecticos
- Se recomienda realizar estudios simples antes del estudio (VD y L).
- Preparar una zona aséptica sobre la línea media, caudal a la cicatriz umbilical, penetrar la cavidad con una aguja o catéter intravenoso (es posible que este último se tape con el omento o se doble).
- Aspirar con una jeringa de 50 ml para verificar no haber perforado algún órgano o vaso

sanguíneo Se inyectan 10 ml de solución salina para realizar una segunda verificación.

- Se inyectan el gas, de 50 a 250 cc en felinos y de 100 a 500 cc en caninos, se observa una ligera distensión abdominal y a la percusión se escucha un sonido “timpánico”.
- Se remueve el catéter o aguja y se realizan por lo menos cuatro proyecciones (VD, DV, LD, LL), No es necesario remover el aire introducido (34).

### 1 5 2 COLECISTOGRAFIA Y COLANGIOGRAFIA

Son posiblemente las técnicas especiales radiográficas de diagnóstico hepático más fáciles de realizar, consisten en el empleo de un medio de contraste positivo para la opacificación de la vesícula biliar y los conductos biliares extrahepáticos, la indicación primaria para estas técnicas es la ictericia en la cual se sospecha de obstrucción biliar, se puede administrar el medio de contraste por dos vías la oral, requiere de una preparación del paciente de unas 24 h (ayuno), se utiliza el ácido yopanoico a dosis de 0.3 mg/kg de peso y se realizan las proyecciones de rutina unas 16 h posingesta; por la vía intravenosa se utiliza el ioxtraxato de meglumina a dosis de 162 mg de yodo/kg de peso. las proyecciones se realizan dos horas posinyección (1, 30).

### 1 5 3 ANGIOGRAFIA

Este procedimiento se utiliza para diagnosticar abscesos, puentes portosistémicos, quistes y tumores. Debido a su dificultad técnica es un procedimiento limitado a grandes clínicas o facultades, ya que se necesita fluoroscopia o radiografías de muy rápida secuencia. Por laparotomía se inserta un catéter en la arteria mesentérica craneal, en la vena yeyúnica, en la vena esplénica, en la vena porta o directamente en el parenquima esplénico, se utiliza cualquier medio de contraste yodado, la dosis es a criterio del radiólogo y se realizan las proyecciones de rutina durante la inyección del medio de contraste (1, 30)

## XVI. APENDICE II.

### I PRINCIPIOS DE INTERPRETACION DE RADIOLOGIA RENAL

#### 1.1 ANATOMIA RADIOLOGICA

Los riñones se aprecian claramente en las proyecciones laterales, aunque pueden aparecer superpuestos. Se localizan en la porción craneal y mediodorsal del abdomen. El riñón derecho se encuentra más cerca del diafragma y contacta medialmente con la vena cava caudal, ventralmente con el duodeno descendente y el páncreas, craneoventralmente con el colon ascendente y el estómago y lateralmente con la pared abdominal. En caninos abarca de la vértebra torácica 12 (T-12) hasta la vértebra lumbar 2 (L-2). El riñón izquierdo contacta lateralmente con el bazo y la pared abdominal, cranealmente con el estómago y el páncreas, craneomedialmente con el colon descendente y medialmente con la aorta. En caninos abarca desde L-1 a L-3 y en felinos de L-2 a L-4 (1, 31, 39)

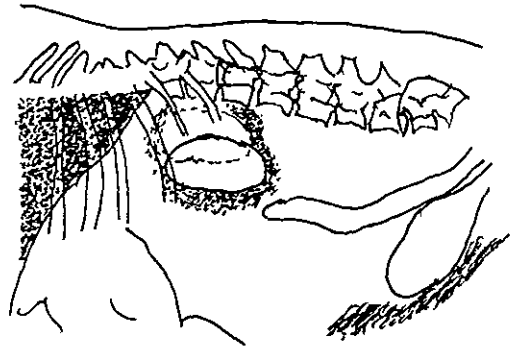


Fig 60 Anatomía Radiológica Renal Vista lateral

(Martinez, 1992)

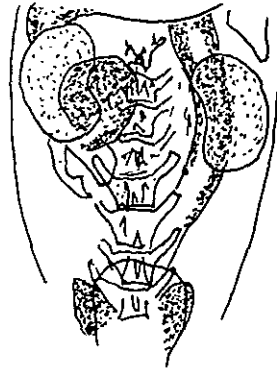


Fig 61. Anatomía Radiológica Renal Vista VD

(Martinez, 1992)

## 2 ESTUDIOS ESPECIALES

### 2.1 NEUMOPERITONEOGRAFIA

El procedimiento es el mismo que para los estudios de hígado (apéndice I)

### 2.2 UROGRAFIA EXCRETORA

Para realizar este estudio se utilizan medios de contraste derivados del yodo. diatrizoato de meglumina, amidotrizoato de sodio y meglumina (“Renografin 76”, E. R. Squibb & Sons, Inc.), Iotalamato de sodio (“Conray”, May and Baker, Australia Pty. Ltd) e iohexol (“Omnipaque”, Sanofi Wintrop) La cantidad de contraste es de 1 ml/kg de peso suponiendo un contenido de entre 300 y 400 mg de yodo por ml (1.19).

El estudio se divide en tres fase que se presentan consecutivamente:

- Vascular Se evalúa el flujo sanguíneo renal y modelos vasculares renales, se realiza de 5 a 10 segundos después de finalizada la inyección del medio de contraste.
- Nefrograma Se realiza a 1 o 2 minutos de la inyección, se aprecia una opacificación difusa, homogénea en el parénquima renal (tubulos renales), a los 3-4 minutos se aprecia la pelvis renal y a los 5-8 minutos los ureteres.
- Pielograma Coincide con el final de la fase anterior. La pelvis se ve más opaca que el parénquima De 15 a 25 minutos se aprecia el medio de contraste en vejiga.

A través de esta técnica se pueden diagnosticar muchas enfermedades entre otras.

Hidronefrosis, pielonefritis, neoplasias, quistes, hipoplasia, e hiperplasia (1)

## XVII. BIBLIOGRAFIA

- 1 Agut, G. A. y Sanchez-Valverde, M. A.: Radiodiagnóstico de Pequeños Animales. *Interamericana-McGraw Hill*. Madrid, España, 1992
- 2 Aston R. Principles of biomedical instrumentation and measurement *Merill Publishing Company*. USA. 1990
- 3 Avendaño, G. E. Fundamentos técnicos de radiología y tomografía axial computarizada *Editorial Diana* Mexico. D. F., 1993
- 4 Begon D and Delisle, F. Imagerie medicale des carnivores domestiques: le choix *Rec. Médic. Vet.* 171 (4 5): 201-211 (1995)
- 5 Berlin, L. Reporting the "missed" radiologic diagnosis medicolegal and ethical considerations *Radiol.* 192: 183-187 (1994).
- 6 Birdchard, S. J. Manual clínico de pequeñas especies. *Interamericana*. México, 1996
- 7 Bronsoiler, J. Atlas de anatomía Radiológica de la columna vertebral y medula espinal del perro (*Canis familiaris*). Tesis de licenciatura. *FES-Cuautitlán*. Universidad Nacional Autónoma de Mexico Cuautitlan, México, 1996
- 8 Brown, T. L. Química, la ciencia central, 5ª ed. *Prentice-Hall Hispanoamericana*. México, 1991.
- 9 Bryan, G. L. Diagnóstico radiológico, 3ª ed. *Librería "El Ateneo" Editorial*. Buenos Aires, Argentina, 1984
- 10 Burk, R. L. and Ackerman, N. Small animal radiology. A diagnostic atlas and text. *Churchil Livingstone*. New York, USA, 1986
- 11 Cunliffe, L. M. Radiographic technique A ray a hope. *Vet. Techn.*, 12(6): 441-451 (1991).

- 12 Douglas, S W and Herrtage, ME. Principles of veterinary radiography, 4<sup>a</sup> ed *Bailliere Tindall*. USA. 1997
- 13 Espinoza, V : Atlas de anatomía radiológica de los huesos de la cabeza del perro adulto. Tesis de licenciatura *FES-Cuautitlán*. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, Mexico. 1995
- 14 Evans, S. M.. An approach to interpretation of radiographs, *Radiology in Practice*, The compendium collection. *The Veterinary Learning Systems*. USA, 1994
- 15 Flores, A : Atlas de anatomía radiográfica de la cadera y rodilla del perro (*Canis familiaris*), Tesis de licenciatura. *FES-Cuautitlán*. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, México. 1997.
- 16 Guillette, E. L., Thrall, D E. and Lebel, J. L. Carlson's veterinary radiology. *Lea and Febiger*. Philadelphia. USA. 1977.
- 17 González, C. J : Curso para el personal de la clínica de pequeñas especies de la FES-C. *Editor Carlos González* Cuautitlán Izcalli, México, 1999.
- 18 Good, W F. and King, J L. : Diagnostic Reading Session: Temporal patterns and case-order effects *Radiol.*, 190: 284-285 (1994)
- 19 Han, C. M. and Hurd, C. D : Practical guide to diagnostic imaging: Radiography and ultrasonography. *American Veterinary Publications Inc.*, 1994
- 20 Hernández, A J : Manual de principios básicos de radiología veterinaria en pequeñas especies (caninos y felinos), Tesis de licenciatura. *FES-Cuautitlán*. Universidad Nacional Autónoma de México Cuautitlán Izcalli, México, 1991.
- 21 Herrera, M. A. Atlas de anatomía radiográfica del perro adulto (*Canis familiaris*). Tesis de licenciatura *FES-Cuautitlán*. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán Izcalli, México. 1995.

- 22 Herrera, M G Atlas de anatomía radiográfica del miembro torácico del perro adulto (*Canis familiaris*). Tesis de licenciatura. FES-Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlan Izcalli, México, 1995
- 23 Hoskins, J D · Pediatría veterinaria. Perros y gatos *Interamericana-McGraw Hill*. México, 1993
- 24 Kay R S · Radiography corner. Properties of X-rays. *Vet. Techn.*, 10: 619-620 (1992)
- 25 Kay, R. S.. Radiography corner X-Ray production *Vet. Techn.*, 8: 505-506 (1992).
- 26 Kay, R. S · *Radiography* corner. Film, film holders and intensifying screens. *Vet. Techn.*, 3:170-173 (1993)
- 27 Kay, R S Radiography corner. Processing. *Vet. Techn.*, 9: 565-567 (1993)
- 28 Kealy, J K : Diagnostic radiology of the dog and cat 2ª ed. *W. B. Saunders Company*. Philadelphia, USA. 1987
- 29 Mantenimiento y reparación del equipo de diagnóstico por imagen y hospital *Organización Mundial de la Salud*. México, 1996
- 30 Martínez, H. M. y San Andrés M I · Radiología veterinaria Pequeños animales. *Interamericana-Mc Graw Hill*. Madrid, España, 1992.
- 31 Metcalf, M R.: Problems in radiographic interpretation: An exercise using cases with multiple diagnoses. Radiology in practice, the compendium collection. *The Veterinary Learning Systems USA* 1994.
- 32 Mettler, F A. Essentials of radiology *W. B. Saunders Company*. Philadelphia, USA, 1996.
- 33 Middleton, D. L. Radiographic positioning for the spine and skull *Vet. Clin. North Am.: Small An. Prac.*, 23(2): 253-269 (1993)
- 34 Morgan, J. O · Techniques of veterinary radiography. 5ª ed. *Iowa State University Press*. USA, 1994

- 35 Owens, J. M. and Biery, D. N.: Principles of radiographic interpretation. *Ralston Purina Company*. St Louis, Missouri, USA, 1982.
- 36 Perry, R. L. Principles of conventional radiography and fluoroscopy. *Vet. Clin. North Am.: Small An Prac.*, 23(2): 235-277 (1993)
- 37 Prat, P. W. Principles and practice of veterinary technology *Mosby*. USA, 1998.
- 38 Pugh, C. R., Wortman, J. A. and Lloyd, J. K. F.: Comparative evaluation of an ultraviolet and an orthochromating rare-earth imaging system for veterinary radiography *Vet. Rad. Ultras.*, 36(6): 485-492 (1995)
- 39 Raw, M-E. The literature of veterinary imaging. the analisis of a questionnaire *Vet. Rad. Ultras*, 37(3), 221-226 (1996)
- 40 Santin, G. and Santin-Potts, M.: Atlas de anatomía radiológica (con orientación clínica), 4ª ed. *Interamericana-McGraw Hill* México, 1996.
- 41 Schebitz, H. and Wilkens, H.: Atlas de anatomía radiográfica canina y felina *Grass Ediciones* Barcelona, España 1994.
- 42 Sisson, S. and Grossman, J. D.: Anatomía de los animales domésticos, 5ª ed *Salvat*. México, D. F., 1991
- 43 Thrall, D. E. Textbook of veterinary diagnostic radiology, 2ª ed. *W. B. Saunders Company*. Philadelphia, USA. 1998
- 44 Walker, M. y González, C. J. Memorias del tercer curso de radiología básica y clínica. Memorias *FES-Cuauhtlán* Universidad Nacional Autónoma de México, (1996).
- 45 Watters J. W.: Radiation protection in veterinary hospitals, Radiology in practice, the compendium collection *Veterinary Learning Systems*. USA, 1994.
- 46 Watters, J. W.: The radiographic darkroom and film processing, Radiology in practice The compendium collection *Veterinary Learning Systems*. USA, 1994.



- 47 Watters. J W X-ray production , Radiology in Practice. The compendium collection *Veterinary Learning Systems*. USA, 1994
- 48 Widmer. W. R and Shaw, S. M Effects of low-level exposure to ionizing radiation: current concepts and concerns for veterinary workers *Vet. Radiol. Ultras.*, 37(3): 227-239 (1996)
- 49 Widmer. W R and Shaw, S M.. Radiation biology and radiation safety, Radiology in practice The compendium collection. *Veterinary Learning Systems*. USA, 1994.
- 50 Zaragoza, J. R . Fisica e instrumentación médicas. Instrumentación diagnóstica, instrumentación de la imagen. instrumentación terapéutica, 2ª ed. *Ediciones científicas y técnicas, S.A.* Barcelona, España. 1992