



Epistemología de la imaginación en anatomía radiológica e imagenología. Ciencia y arte en la relación docente-discente

Oliver González M.R.¹, García Tovar C.G.¹, Soto Zárate C.I.¹, Garrido Fariña G.I.¹ y Rodríguez Salazar L.M.²

¹Departamento de Ciencias Biológicas, FES-Cuautitlán, UNAM, Estado de México, 54740

²Instituto Politécnico Nacional, CIECAS. Ciudad de México, 11360

ARTICLE INFO

Received: 3 febrero 2021

Accepted: 28 mayo 2021

Available on-line: 31 mayo 2021

Keywords: anatomía, radiología, veterinaria, pensamiento geométrico, bidimensional, tridimensional, epistemología de la imaginación.

E-mail addresses:

Oliver González MR.
oliverglz@yahoo.com.mx
García Tovar CG.
cgarciatov@yahoo.com.mx
Soto Zárate CI.
cisz2012@gmail.com
Garrido Fariña GI.
isaurogafa@yahoo.com.mx
Rodríguez Salazar LM.
luismauriciors@gmail.com

ISSN 2007-9847

© 2021 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

La relación docente-discente durante el proceso enseñanza-aprendizaje en anatomía radiológica y radiología diagnóstica no es fácil para ninguna de las partes integrantes de este binomio: el primero para explicarlo y el segundo para entenderlo. Esto se debe a que los rayos X proporcionan imágenes bidimensionales de cuerpos tridimensionales en la construcción de una misma realidad dividida en dos dominios. Para solventar esta situación se propone que ambos, docente y discente, generen configuraciones imaginarias de diversas posibilidades de realidades bidimensionales de una realidad tridimensional no visible. Esto obedece a que el propósito de la imagenología es generar imágenes de las estructuras anatómicas internas que no se pueden ver, a simple vista, en un paciente, por lo que la configuración imaginaria es a partir del conocimiento previo de las estructuras anatómicas. Este proceso de enseñanza-aprendizaje de configuraciones imaginarias en la relación docente-discente, se inicia con trazos y bocetos de las estructuras anatómicas para ensamblarlas a la región de interés. Las configuraciones imaginarias de las estructuras no visibles, al llevarlas a la práctica, se representarán en radiográficas análogas o en monitores de radiología digital que, al interpretarlas llevarían a la situación de aprendizaje formal, complementando así, la triada cognitiva de la epistemología de la imaginación en este campo de la radiología. Las configuraciones imaginarias deben estar apoyadas por conocimientos firmes y claros de la anatomía y de los principios de radiología, así como del pensamiento geométrico lo que permite tener presente la tridimensionalidad del organismo animal y obtener imágenes radiográficas de calidad.

The teaching-learning process in radiological anatomy and diagnostic radiology is not easy both for teachers and for the student, the first to explain it and the second to understand it in the teaching laboratory, since the images obtained by X-rays are two-dimensional and where they are obtained is from three-dimensional bodies. To solve this situation, it is proposed that both, teacher and student, generate imaginary configurations of possible realities, thesis of a member of our group, which we now handle as imaginary configurations of non-visible possible realities, since the study of imaging involves images of internal anatomical structures that cannot be seen in a patient. This learning process that creates imaginary configurations, begins with outlines and sketches of the anatomical structures to assemble them to the region of interest. The imaginary configurations of the non-visible structures, when put into practice, will be represented on radiographic plates or digital radiology monitors that, when interpreted, would lead to the formal learning situation, thus complementing the cognitive triad of the epistemology of the imagination in this field of radiology. Imaginary configurations must be supported by firm and clear knowledge of anatomy and the principles of radiology, as well as geometric thinking, which allows to take account the three-dimensionality of the animal organism and obtain quality radiographic images.

I. INTRODUCCIÓN

En el laboratorio de docencia de anatomía radiológica e imagenología Veterinaria, de la Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán (FES-C), UNAM, México, se generan y estudian imágenes de las estructuras internas del organismo de los animales domésticos. Éstas son generadas con un aparato de rayos X (Rx) y un equipo de ultrasonido (US), con mayor énfasis en animales de compañía, perros y gatos, con el propósito de que los estudiantes aborden el aprendizaje de esta área del conocimiento en forma integral y que le sirva como base para su práctica profesional con respecto al diagnóstico por imagen. Como se sabe, adicionalmente, en el campo profesional Veterinario las imágenes también se pueden generar mediante equipos especializados: tomógrafos para tomografía axial computarizada (TAC), resonador para resonancia magnética nuclear (RMN) y endoscopios para la técnica de endoscopia (Thrall, 2018; Liste, 2010).

La imagenología como tal, tiene como propósito emplear estos equipos para que, al obtener imágenes, sea posible observar el estado de integridad anatómica de las estructuras internas que no es posible observar sin la ayuda de estas tecnologías (Thrall, 2018). Las metodologías más utilizadas para estos fines, en el laboratorio de docencia en la FES-C, UNAM, es la Radiología y en segundo lugar el US. No obstante, también se hace referencia a las otras técnicas diagnósticas como la TAC, RMN y endoscopia. De hecho, estas tres últimas técnicas en la actualidad, ya se aplican en la práctica clínica de Medicina Veterinaria en México cada vez con mayor frecuencia. La radiología es una técnica que se ha aplicado con cotidianidad en el diagnóstico Veterinario por imagen durante las últimas cuatro décadas en México.

En este trabajo nuestro análisis epistemológico del proceso enseñanza-aprendizaje se aplica a la anatomía radiológica y radiología diagnóstica porque, como se dijo antes, es la técnica más empleada en nuestro laboratorio de docencia, así como en la práctica clínica en México. Esto tiene el propósito de reflexionar sobre el uso de la tecnología en la educación con base a la tesis del coordinador de nuestro grupo de investigadores, de que la epistemología de la imaginación se fundamenta en la tríada cognitiva integrada por el razonamiento práctico, el razonamiento simbólico-imaginativo y el razonamiento formal, con el propósito de crear configuraciones imaginarias de realidades posibles (Rodríguez-Salazar, 2015), llevarlas a la práctica y después formalizarlas. Ahora, en este análisis, se propone como las configuraciones imaginarias de realidades no visibles, que, con la técnica de Rayos X, la imaginación se ostenta visible mediante las imágenes de las partes anatómicas de los animales representadas en placas radiográficas en radiología analógica, o bien en monitores en caso de radiología digital.

Como sabemos, en el quehacer docente en general, se tiene la premisa de que los discentes no participan en el proceso de generación del conocimiento que se imparte, lo que, en gran medida dificulta el proceso enseñanza-aprendizaje. Con el propósito de subsanar estas dificultades en el aprendizaje de anatomía radiológica y de radiología diagnóstica, dentro del marco de la epistemología de la imaginación, se postula que, para construir el conocimiento, se recomienda iniciar con la generación de configuraciones simbólicas imaginativas a partir de las cuales crear configuraciones imaginativas de una realidad no visible. Estas configuraciones deben ser creadas en primera instancia por el docente y que éste, posteriormente, lo promueva en el discente, con el fin de que lo aplique en la generación del conocimiento de esta área del conocimiento, con base en las configuraciones imaginarias de realidades no visibles.

Para llegar a la representación de dichas configuraciones es necesario que se lleven a cabo las representaciones (Rodríguez-Salazar, L.M, Oliver, G M & García, T.C., 2018; 2019), es decir, la subordinación de la visión a los movimientos del cuerpo, con el fin de realizar acciones para hacer posible la representación de las estructuras anatómicas en una imagen, mediante Rayos X, que redunde en la comprensión de la realidad de las estructuras anatómicas que, por ser internas no son visibles. Esto nos lleva a las otras partes de la triada cognitiva de la epistemología de la imaginación, esto es, el razonamiento práctico y su formalización razonada (Rodríguez-Salazar, 2015).

Así, en la generación del conocimiento en radiología, lo que se debe considerar en el proceso enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de Imagenología, es que las imágenes obtenidas en radiología son bidimensionales, pero

representan estructuras de un organismo tridimensional, lo que marca una gran dificultad, ya que, hay que entender el proceso de configurar imágenes tridimensionales a partir de una imagen bidimensional expuesta en una radiografía. Es aquí donde se hace necesario lo que aquí planteamos como la configuración imaginaria de una realidad no visible a partir de representa-acciones y, como postulamos en dos trabajos previos, la necesidad de tener presente un pensamiento geométrico (los ejes de las coordenadas cartesianas, X Y Z) para ayudar a la generación de una configuración imaginaria de realidades no visibles al momento de realizar e interpretar los estudios radiológicos. Para lograr esto, técnicamente se sugiere realizar al menos dos proyecciones radiográficas ortogonales entre sí y a partir de ellas generar, mentalmente, la configuración tridimensional que cubra los 3 ejes (X Y Z) de una realidad no visible, esto es, el interior del cuerpo sometido al estudio radiográfico (Oliver González y cols., 2017 y Rodríguez-Salazar, L.M, Oliver, G M & García, T.C., 2018).

Para el apoyo de las configuraciones imaginarias de realidades no visibles en radiología, además del pensamiento geométrico, se debe contar con un conocimiento sólido de la anatomía y tener claridad en los principios de radiología. Finalmente, postulamos que las representaciones de imágenes de las estructuras anatómicas deben reflejar algo especial de cada caso y una calidad de imagen que despierte la imaginación, de ahí que se considera que las imágenes deben tener un tinte de arte en donde se despliegue toda la imaginación posible (Rodríguez-Salazar, L.M, Oliver, G M & García, T.C., 2019) y coadyuvar, de esta manera, en el aprendizaje de radiología por parte del discente y en la enseñanza por parte del docente, como se discutirá más adelante.

II. LA ANATOMÍA Y LAS CONFIGURACIONES IMAGINARIAS DE REALIDADES NO VISIBLES

Es importante resaltar que para cualquier técnica que se empleé en el diagnóstico por imagen, se debe contar con el conocimiento de la anatomía de forma clara y precisa, tanto de la anatomía descriptiva, como los diferentes enfoques de estudio de la anatomía; sistemático, topográfico, aplicativo e incluso de la anatomía comparada que señala las semejanzas y diferencias entre especies (Getty, 1982; Dyce, 2012). Esto es de suma importancia para tener presente, el estado normal de las estructuras anatómicas a estudiar en cuanto a la estructura, forma, tamaño, situación y relaciones anatómicas. Todos estos puntos deberán ser considerados al realizar los estudios de imagenología en donde se debe también considerar la densidad de tejidos y órganos, y su contenido, así como las características de opacidad o lucidez a los Rayos X, la ecogenicidad en US, la intensidad en RMN y lo atenuante en TAC (Morales MC y Montoliu SP, 2012; Liste BF, 2010).

La anatomía sistemática estudia las partes corporales agrupándolas de acuerdo con sus similitudes de forma, estructura, origen embrionario y que colaboran en conjunto en el desempeño de una función. Las ramas de la anatomía sistemática que derivan de esta agrupación son: osteología, artrología, miología, esplacnología, angiología, el sistema nervioso en general, así como los órganos sensoriales y el tegumento (Tejido orgánico que cubre el cuerpo de un animal o alguno de sus órganos internos). La osteología se encarga de estudiar los huesos y cartílagos, en los huesos se estudia su clasificación (largos, planos, cortos e irregulares), forma y estructura (sustancia esponjosa y sustancia compacta). La artrología estudia las articulaciones, entendiéndose por articulación la unión de dos o más huesos por medio de otros tejidos. A partir de esto se realiza la clasificación en fibrosas, cartilaginosas y sinoviales, estudiando en cada una de ellas las superficies articulares, su estructura y ligamentos que las refuerzan, y en las sinoviales en particular también la disposición de la cápsula articular y los movimientos que realizan. La miología estudia al tejido muscular y sus anexos, en particular se enfoca al estudio de los músculos esqueléticos y los elementos de estudio son; forma, estructura, porciones, relaciones, origen y terminación, además se indica la acción por músculo o por grupos musculares para saber los movimientos agonistas y antagonistas que generan en el esqueleto, reflejados en las articulaciones y en otras partes como la piel. La esplacnología estudia a las vísceras que componen a los aparatos cuyos órganos tienen un origen y estructura similar, así como una función común para preservar la vida del animal, para su estudio las vísceras se clasifican

en huecas (que tienen una luz o lumen) y parenquimatosas describiendo su forma, estructura y porciones que los constituyen, así como sus envolturas serosas o adventicias. La angiología se encarga de estudiar los órganos de la circulación sanguínea y linfática que en conjunto forman el aparato cardiovascular, cuyo órgano central es el corazón que mueve la sangre a través de las arterias y venas. La linfa circula por los vasos linfáticos que tienen que pasar por los linfonodos. Además de estudiar la forma, estructura y porciones del corazón se describe la distribución de los vasos sanguíneos y linfáticos en el organismo. El sistema nervioso se encarga de describir al sistema nervioso central (encéfalo y médula espinal) y sistema nervioso periférico (nervios y ganglios somáticos y autónomos), detallando la forma, estructura y porciones del encéfalo y médula espinal, así como la distribución de los nervios en el organismo. Los órganos sensoriales en los que se estudia el órgano en donde se ubican, sus partes receptora y conductora. El tegumento común estudia a la piel, describiendo su estructura de ella y sus anexos (Getty, 1982; Dyce, 2012; Hermanson J.W., de Lahunta A., and Evans H.E. 2020).

Para integrar el conocimiento anatómico se da el enfoque topográfico al cuerpo (animal y humano), lo que consiste en indicar la ubicación de cada órgano o estructura y la relación corporal que presentan. De esta manera se puede precisar la ubicación de estructuras, por ejemplo, las bullas timpánicas, las cuales son una prolongación bulbosa agrandada del hueso temporal relacionada con el oído medio y que están situadas a cada lado de la parte caudal de la base del cráneo y en posición dorsolateral a la faringe, como se muestra en la figura 1. Además, la anatomía topográfica divide en pequeños territorios el cuerpo denominados regiones de superficie externa, mientras que en el interior de las cavidades corporales señala los límites de las cavidades y sus relaciones. Por ejemplo, las cavidades de la cabeza (Fig. 1) y con respecto a los órganos y estructuras que contienen se precisa el sitio que ocupan y las relaciones anatómicas, para después determinar su área de proyección a la región de superficie más próxima para que puedan ser explorados o alcanzados en momentos quirúrgicos. Con el propósito de consolidar el conocimiento anatómico de los animales domésticos, se da el enfoque aplicativo, con la anatomía veterinaria aplicada, en donde se enfatizan las estructuras en las cuales se lleva a cabo acciones prácticas como venipunción, toma de pulso, palpación, auscultación, percusión, toma de muestras y procesos quirúrgicos entre otros (Shively, 1984; Dyce, 2012). Toda descripción anatómica se hace con lo establecido en la Nómina Anatómica Veterinaria (Gasse H., 2017).

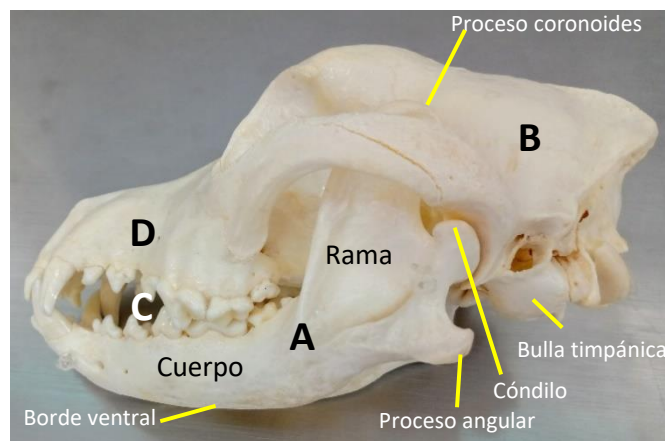


Fig. 1. Bases anatómicas para la configuración imaginaria de realidades no visibles. Al realizar una proyección lateral de la cabeza para un estudio radiológico se debe tener presente la forma y estructura de los huesos como por ejemplo la mandíbula (A) y sus relaciones con la bulla timpánica y las grandes cavidades; craneal (B), oral (C) y nasal (D). **Fuente:** elaboración personal con la pieza anatómica del Laboratorio de Apoyo Técnico de Anatomía de la FES Cuautitlán UNAM.

El tener claro y preciso el conocimiento anatómico; descriptivo; topográfico y aplicativo del cuerpo mediante el uso de instrumentos anatómicos como el de la figura 1, es una condición previa indispensable de las configuraciones mentales imaginarias para la obtención de imágenes radiográficas de las estructuras anatómicas no visibles en los animales sometidos para el diagnóstico. Representaciones de su estructura para

luego, teniendo la imagen, llevar a cabo el proceso de interpretación. Estos procesos deben ser basados en el pensamiento geométrico que ayuda a tener presente la distribución espacial de las estructuras, en la tridimensionalidad de la región a estudiar. Esto permite decidir la técnica, el equipo y metodología a utilizar para obtener una imagen con calidad diagnóstica, que sirva para representar nuestras configuraciones imaginarias previas de las estructuras anatómicas.

Nuestras acciones inician con la configuración imaginaria (imagina-acción) de cómo posicionar al paciente para obtener la imagen deseada, en la que se pueda identificar todo lo necesario para el diagnóstico, para la posterior interpretación radiográfica de nuestras representa-acciones. Dicho de otra manera, el pensamiento geométrico da la posibilidad de tener presente la configuración imaginaria previa de la tridimensionalidad del cuerpo del paciente, con el fin de buscar su representación en la bidimensionalidad de la placa (Oliver y cols. 2017; Rodríguez-Salazar, L.M, Oliver, G M & García, T.C., 2018 y 2019). Esto nos lleva a corroborar el diagnóstico clínico y hacer evidentes las realidades no visibles que permitan el aprendizaje de los estudiantes al estar llevando a cabo las imagina-acciones y representa-acciones de cada una de las regiones corporales a estudiar.

III. USO DE LOS RAYOS X EN LA CONFIGURACIÓN IMAGINARIA DE REALIDADES NO VISIBLES

De igual manera que se necesita el conocimiento anatómico y los diferentes enfoques de la anatomía para realizar las configuraciones imaginarias y llevarlas a la práctica, para hacer visible las estructuras no visibles en un estudio radiológico. Durante el proceso enseñanza-aprendizaje de la imagenología, se deben considerar las características y conceptos del proceso de formación de imágenes mediante la técnica y metodología de rayos X empleada para después, comprender lo que se está representando en la imagen obtenida; identificar cada estructura anatómica y dar la acertada interpretación de ésta, para, finalmente, emitir un diagnóstico. Esta es nuestra propuesta del proceso de formación de imágenes, que desde el inicio se debe contemplar en la configuración imaginaria en la mente del estudiante para llegar a la meta a la que se quiere alcanzar en el aprendizaje en imagenología.

El estudiante que inicia el aprendizaje de la anatomía radiológica y el diagnóstico por imagen debe comprender y manejar el método y la técnica de generación de imágenes a través de los equipos correspondientes. Mediante la tecnología de rayos X es muy interesante, pero complicado, entender cómo se genera la imagen, cómo obtener una imagen requerida de las estructuras anatómicas de las diferentes regiones corporales no visibles, cómo manejar la técnica para obtener la imagen deseada y cómo interpretar la imagen, y si es necesario, cómo mejorarla. El principal problema en el proceso de enseñanza aprendizaje en imagenología, es que se le presenta a los estudiantes, los discentes, una imagen radiológica elaborada por el profesor, para que, con los conocimientos previos la pueda interpretar. Nuestra propuesta entonces es que ellos sean los creadores de la representación en imágenes radiológicas de las estructuras anatómicas, así como de su configuración imaginaria previa, por lo que se propone como un proceso de imagina-acción y representa-acción.

Para las configuraciones mentales imaginarias que debe generar el estudiante para el manejo de la técnica de rayos X, de inicio, debe tener presente que son ondas electromagnéticas similares a los rayos de luz visible, sólo que, con menor longitud de onda. Paradójicamente, las ondas electromagnéticas de los rayos X, no estimulan a los fotorreceptores de las células de la retina del ojo, por lo tanto, no son visibles, pero permiten hacer visible las estructuras anatómicas internas no visibles a la retina del ojo en los seres vivos. Con esta característica de longitud de onda más corta, los rayos X tienen una mayor energía y por tanto adquieren la propiedad de penetración, lo que les permite pasar a través del cuerpo de los seres vivos, además de muchos objetos inertes, existiendo algunos que no pueden penetrar por su naturaleza fisicoquímica como es el caso del plomo (Thrall, 2018; Muhlbauer M.C. & Kneller S.K. 2013).

Otra propiedad de los rayos X, necesaria de tener presente para el adecuado manejo de ellos en la obtención de imágenes, es la propiedad de ionización. Esta propiedad explica que los rayos X interactúan con los átomos de las moléculas que componen a las células del organismo a través del cual van pasando, de tal manera que les pueden eliminar electrones a estos átomos y por lo tanto cambiar la naturaleza fisicoquímica de las moléculas (Lavin, 2007).

Con estas propiedades de penetración y de ionización, los rayos X producen efectos sobre las células de los tejidos que forman los órganos de los seres vivos: efecto biológico, efecto fluorescente y efecto fotográfico. El efecto biológico es muy importante tomarlo en cuenta para la seguridad del técnico radiólogo, para el paciente y para toda persona que se expone a los rayos X, ya que, al interactuar con las moléculas de las células puede ionizar átomos y cambiar la naturaleza fisicoquímica de las moléculas y producir alteraciones como muerte celular que se observa como quemaduras.

También existe la posibilidad de que una de las moléculas que se afecten por los rayos X sea el ADN y reflejarse en modificaciones genéticas en las células, que pueden generar neoplasias y terminar en cáncer. El efecto fluorescente es cuando los rayos X chocan con una placa fluorescente que emite luz visible muy brillante. El efecto de utilidad diagnóstica es el efecto fotográfico, base para obtener las imágenes de interés clínico para el diagnóstico que se requiera confirmar. O bien, en el caso del proceso de aprendizaje, se refiere a la imagen que al profesor le interesa que los alumnos logren configurar, obtener y analizar. El efecto fotográfico consiste en que los rayos X, al ir penetrando a través del cuerpo del animal, algunos son absorbidos por las moléculas de las células y otros pasan de largo por todo el espesor de la región corporal que se esté radiando. Los rayos que rebasaron el cuerpo alcanzan y chocan con la placa para rayos X contenida en un chasis, esto en el método analógico o la matriz de fosfatos del chasis en radiología digital (Thrall, 2018; Lavin MB; 2007; Muhlbauer M.C. & Kneller S.K., 2013).

En el método radiológico analógico, la placa de rayos X tiene una emulsión de cristales de haluros de plata, los cuales son desnaturalizados por los rayos X al ponerse en contacto. Así, las áreas más densas o de mayor espesor del cuerpo dejarían pasar pocos rayos X, o bien evitarían su paso, por lo que no interactuarán con los haluros de plata y no sufrirán la desnaturalización. En los lugares de la placa en donde si hay desnaturalización de los haluros de plata por haberse puesto en contacto con los rayos X, al someter la placa a los líquidos en el proceso de revelado, estas áreas se verán negras (radiolúcidas) y las áreas en donde no hubo contacto con los rayos X lucirán blancas (radiopacas).

De esta manera, se debe manejar adecuadamente la técnica radiológica. El mili-amperaje (mA), que determina la cantidad de rayos X que se están generando; el kilo-voltaje (kV), que determina la intensidad con la que salen los rayos X, los cuales juegan un papel importante en el tiempo de exposición. En los equipos para Veterinaria los tiempos de exposición, son de fracciones de segundo, de tal manera que, junto con una adecuada alineación y posición del paciente, se obtienen imágenes radiográficas que muestran la forma, tamaño, posición y sus relaciones de las estructuras anatómicas muy cerca a la realidad. Estas combinaciones de kV, mA y tiempos de exposición proporcionan una gama de tonalidades de grises, lo cual permite distinguir órganos o espacios corporales.

Las características de densidad radiológica se denominan radiolúcido y radiopaco. Mediante la gama de tonalidades de grises que se pueden conseguir con una técnica adecuada, se determinan cinco radio-densidades en el organismo de un paciente, las cuales son, de menor a mayor radio-densidad: densidad de gas; densidad grasa; densidad de tejidos blandos y líquidos; densidad ósea y densidad metálica. Así, se pueden distinguir, por ejemplo, en cabeza (Fig. 2) la cavidad nasal y los senos paranasales que, de manera normal contienen aire, se ven radiolúcidos o sea de un gris muy oscuro, en cambio las piezas dentales y los huesos, en especial la sustancia compacta de estos últimos se ven radiopacos, por lo que tienden a verse blancos por contener minerales.

Asímismo y siguiendo con lo mostrado en la figura2, la cavidad craneal, por contener al encéfalo y líquido cerebroespinal que se distribuye en torno al encéfalo, ocupando el espacio subaracnoideo tiene mayor radio-densidad que la cavidad nasal y muestra una tonalidad gris, menos oscura. En forma similar, el paladar blando y lengua muestran

una radio-densidad de tejido blando y tienden a verse de un gris ya muy claro (Thrall, 2018; Muhlbauer M.C. & Kneller S.K., 2013; Lavin L.M., 2007).

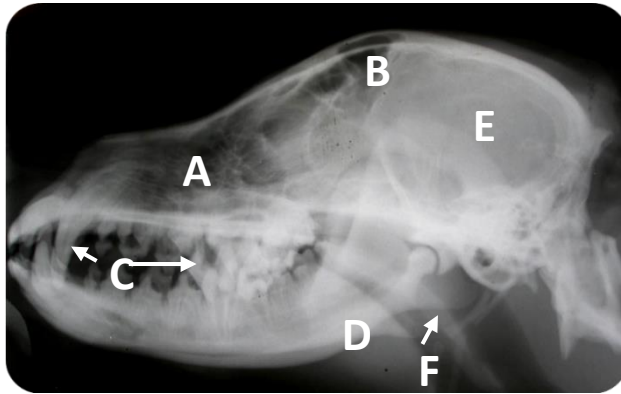


Fig. 3. Tonalidades grises y configuración imaginaria. La radio-densidad de las estructuras del organismo son útiles para la configuración imaginaria de las realidades no visibles, al presentar diferentes tonalidades de grises en una placa radiográfica. En una proyección lateral de cabeza se muestra (A) cavidad nasal y (B) senos paranasales de un tono gris muy oscuro por la presencia de aire en estas cavidades, (C) las piezas dentales y (D) huesos se muestran casi blancos por su mayor radio-densidad, (E) la cavidad craneal, por la presencia del encéfalo se muestra con un tono de gris medio, así como (F) el paladar blando ya que ambos tienen radio-densidad de tejido blando. Fuente: elaboración propia con placa radiográfica del laboratorio de Anatomía Veterinaria Aplicada e Imagenología de la FES Cuautitlán UNAM.

Todo lo señalado se puede apreciar en la figura 2 en su totalidad, lo cual está directamente relacionado con las acciones que se tienen que realizar para lograr su representación, que como se mencionó más arriba, el coordinador del grupo le denominó representa-acciones. Al llevar a cabo las representa-acciones de las configuraciones imaginarias de las realidades no visibles en el animal vivo, pero aprendidas con los instrumentos anatómicos (ver Fig. 1), para hacerlas visibles utilizando rayos X, surge la pregunta ¿cómo y dónde se forman los rayos X? La respuesta es muy técnica, como se podrá ver en las siguientes líneas, pero también es muy necesario que los estudiantes lo conozcan, lo comprendan y lo manejen para llevar a cabo el aprendizaje de la anatomía radiológica y radiología diagnóstica para adicionar así, este elemento en las configuraciones imaginarias.

Los rayos X se producen dentro un tubo de vidrio al alto vacío envuelto por aceite y plomo. El aceite sirve para disipar el calor y el plomo para contener la nube de electrones y los rayos X. El interior del tubo de rayos X (También llamado tubo Roentgen, por el apellido del físico alemán que los descubrió en 1895), en un extremo negativo (cátodo) contiene un filamento de tungsteno que, al ser calentado por electricidad, libera electrones formando una nube que se desplaza y choca con la placa también de tungsteno ubicada en el extremo positivo (ánodo). Gran parte de la energía que se produce es calor (99%) y la otra parte de la energía es fotónica (1%) y representa a los rayos X que salen por la ventana que tiene el tubo Roentgen para forma un haz de rayos X útiles en forma de cono, el cual está compuesto por un rayo central y rayos dispersos (Fig. 3). Este haz de rayos es el que se proyecta a las regiones corporales para que pasen a través de los tejidos y lleguen a al chasis analógico o al chasis digital y se genere la imagen.

La intensidad y cantidad de rayos X es regulado por controles que contienen los equipos de rayos X mediante kV y mA, así como el tiempo de emisión de rayos X o tiempo de exposición. Así, en forma muy general, se juega con los controles de tal manera que, si se requiere obtener el contraste de huesos, se aumenta el kV para saturar a los tejidos blandos y que tiendan a ser radiolúcidos y contrasten con la radio-opacidad del hueso y lo contrario si se requiere obtener más tonalidades de grises para mostrar tejidos blandos y fluidos, se disminuye el kV y se aumenta el mA. También el tiempo de exposición ayuda para obtener el contraste y la nitidez necesarios ya que si se prolonga el tiempo de exposición se obtienen placas sobreexpuestas y se ven oscuras todas las estructuras. Por el contrario, si se expone poco tiempo

todas las estructuras se verán blancas, subexpuestas. Ambos tipos de imágenes son poco o nada útiles. De esta manera en las configuraciones imaginarias y en las representaciones de los estudiantes, éstos deben manejar las condiciones técnicas adecuadas según la región a radiografiar, lo cual debe guiar adecuadamente al docente (Thrall, 2018; Muhlbauer M.C. & Kneller S.K. 2013; Lavin LM 2007).

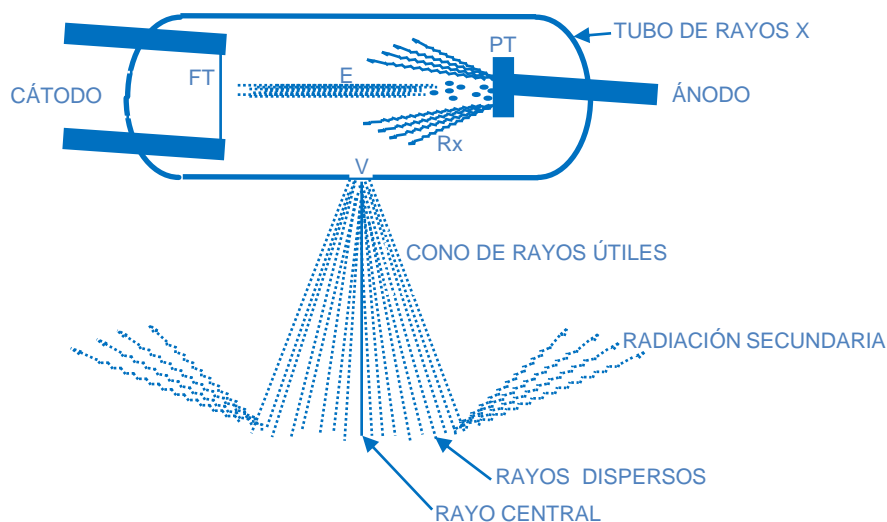


Fig. 3. Esquema que representa el proceso de formación de rayos X. En la configuración imaginaria de realidades no visibles se tiene en mente que para generarse los rayos X, es necesaria la excitación del filamento de tungsteno (FT) del cátodo libera electrones (E) que al chocar con la placa de tungsteno (PT) del ánodo, produce a los rayos X (Rx) por frenado que salen por la ventana (V) del tubo de rayos X para formar el cono de rayos útiles, para ser proyectados guiando la dirección con el rayo central y delimitar el área que pueden alcanzar los rayos dispersos. La radiación secundaria se forma después de chocar los rayos útiles con el chasis. Estas radiaciones no son controladas por lo que nos debemos proteger con aditamentos plomados. Fuente: Manual de prácticas de Anatomía Veterinaria Aplicada (2016). FES Cuautitlán UNAM.

IV. CONFIGURACIÓN IMAGINARIA EN ANATOMÍA RADIOLÓGICA Y RADIOLOGÍA DAGNÓSTICA

Como se ha venido comentando, el paso de observar una imagen bidimensional obtenida por la técnica de Rayos X, la cual proviene de un organismo tridimensional, conlleva una dificultad del discente para comprenderlo y al docente para explicarlo. Al enfrentarnos a una imagen radiográfica para identificar las estructuras anatómicas, detectar las posibles anomalías que presenten y emitir un diagnóstico, se recomienda la revisión sistemática que consiste en observar primero las estructuras periféricas y luego la parte central de la imagen que representa la, o las estructuras de interés. Para esto, se genera la configuración imaginaria de las estructuras anatómicas en estudio, en sus tres dimensiones: dos de ellas indicadas por las coordenadas cartesianas XY, que indican longitud y altura y para darle la tridimensionalidad debe aplicarse también el eje de las Z que indica profundidad (Fig. 4). Con esto se emplea el pensamiento geométrico para las configuraciones imaginarias y llevarlo a la práctica, esto es, obtener la placa y luego interpretarla, así, se tiene presente cómo está constituida la o las estructuras de la región corporal a estudiar radiológicamente (Rodríguez Salazar, 2015; Oliver et al., 2017).

Para construir en la imaginación la tridimensionalidad del paciente en imágenes obtenidas por rayos X, técnicamente se recomienda, al iniciar un estudio radiológico, tomar las dos proyecciones ortogonales, por ejemplo, en

cabeza una proyección dorsoventral y la otra lateral (fig. 5A y 5B) y luego se determinará si es necesario otras proyecciones complementarias como las oblicuas (Thrall, 2018).

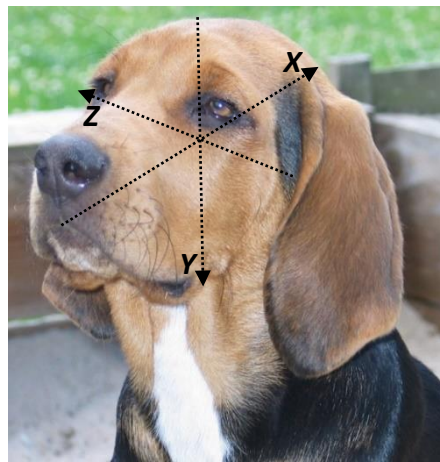


Fig. 4. El pensamiento geométrico y la configuración imaginaria. Para configurar en la imaginación la cabeza del perro, se aplican los ejes X Y Z para indicar la longitud, la altura y la profundidad o espesor, para que, al obtener la imagen radiográfica correspondiente bidimensional, no se pierda la ubicación y las relaciones entre las estructuras profundas de la cabeza (cavidades y su contenido). Fuente: Oliver et al., 2017.

Al tener presente las estructuras anatómicas, se debe crear la configuración mental de la radio-densidad de cada cavidad y su contenido. Por ejemplo, las vías respiratorias como la cavidad nasal y la nasofaringe, así como el seno paranasal frontal y las bullas timpánicas son huecas llenas de aire, su apariencia radiográfica normal será radiolúcida, por lo que en placas se verán estas zonas oscuras. La cavidad craneal contiene al encéfalo, las meninges y el líquido cerebrospinal, por lo que su apariencia será de tejido blando o sea un poco de mayor radio-opacidad con respecto a la cavidad nasal. Las piezas dentales por el esmalte y la dentina son radio-opacos excepto en la pulpa dental y el espacio periodontal, que tienden a ser radiolúcidos. El paladar blando en proyecciones laterales aumenta su radio-densidad por lo ancho que es (Fig. 3). Las bullas timpánicas, en estado normal, son radiolúcidas ya que contienen aire proveniente de la faringe, a través de los tubos auditivos. Se ubican ventral al cráneo y dorso-caudal a la faringe. En proyecciones ventro-dorsales se sobreponen con los huesos de la parte caudal del cráneo (Fig. 5A) y en proyecciones laterales se sobreponen entre ellas mismas (Fig. 5B), como referente un cráneo de canino (Fig. 5C). Es por eso que, para nuestra configuración imaginaria y mediante el pensamiento geométrico se determina cómo colocar la cabeza del paciente de tal forma que no se sobrepongan, una de las proyecciones es la oblicua 10° rostroventral-caudodorsal (Fig. 6A).

Con esta proyección se evita la sobreposición de ambas bullas timpánicas lo cual fue predeterminado por la configuración imaginaria y llevada a la práctica para hacer la representación de la imagen requerida clínicamente (Fig. 6B). De esta manera se puede hacer el estudio de la anatomía radiológica y la radiología diagnóstica en las múltiples estructuras de la cabeza que se sobreponen, con el apoyo del pensamiento geométrico.

Cabe resaltar que lo que se representa en la radiografía son “sombras” producidas por el paso de los rayos X a través de las diferentes estructuras corporales y por tanto obedecen a las mismas reglas de las sombras producidas de forma natural al interponer un objeto a la luz producida por una lámpara.

Mover el objeto o la dirección de la lámpara emisora de los rayos de luz producirá cambios en las sombras generadas y lo mismo sucederá al mover el sujeto o bien la dirección del haz de los rayos X.

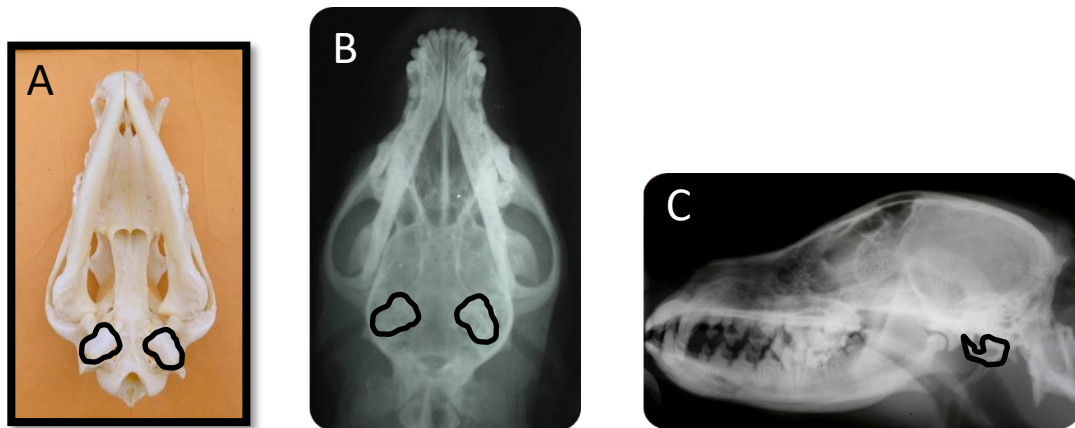


Fig. 5. La configuración imaginaria, el pensamiento geométrico a las bullas timpánicas. A manera de ejemplo se toman las bullas timpánicas (áreas delimitadas con las líneas negras) que, con la configuración imaginaria, primero se deben ubicar en un cráneo antes de realizar el estudio radiológico como se muestra en el panel A, también debemos tener presente la ubicación de estas estructuras tanto en la proyección dorsoventral, panel B, como en la lateral, panel C. Fuente: elaboración propia con la pieza anatómica del Laboratorio de Apoyo Técnico de Anatomía y con radiografías del laboratorio de Anatomía Veterinaria Aplicada e Imagenología de la FES Cuautitlán UNAM.

Esto permite realizar diferentes proyecciones de una misma región corporal con lo cual podemos generar una imagen tridimensional mental más completa de las estructuras sometidas al estudio radiográfico, a partir de las sombras radiográficas obtenidas y fundamentadas en nuestros conocimientos anatómicos. Para esto, actualmente nuestro grupo realiza un trabajo sobre las sombras generadas en los estudios de rayos X y como pueden ayudar a la generación de configuraciones de imágenes mentales de una realidad no visible.

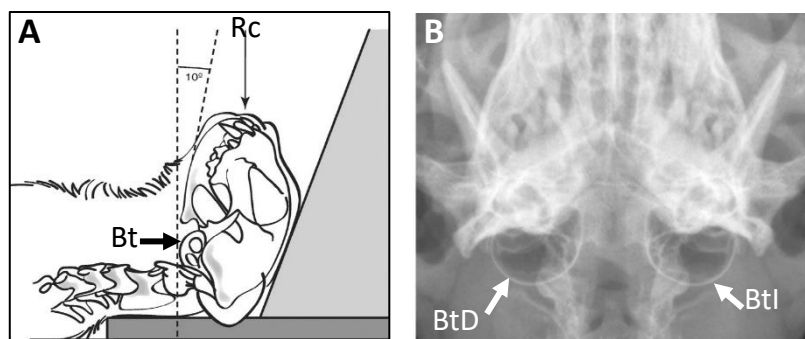


Fig. 6. La epistemología de la imaginación en radiología llevada a la práctica. Las configuraciones imaginarias de realidades no visibles se llevan a la práctica en anatomía radiológica, para hacer la representación que muestra a la vista lo no visible. En la práctica, mediante la configuración imaginaria se ubican las (Bt) bullas timpánicas y se traza la dirección del (Rc) rayo central y la posición del paciente, panel A (para una toma oblicua 10° rostroventral-caudodorsal). Al realizar la técnica se obtiene la imagen deseada, panel B, en donde las bullas timpánicas de ambos lados, (BtD) bulla timpánica derecha y (BtI) bulla timpánica izquierda, quedan separadas y sin superposición con la parte caudal del cráneo Fuente: (Figura tomada y modificada de Thrall, 2018).

V. CONFIGURACIÓN IMAGINARIA DE LA ANATOMÍA RADIOLÓGICA EN TRAZOS Y BOCETOS

Al llevar a cabo el proceso enseñanza aprendizaje de la anatomía radiológica, al inicio no se tiene claridad de la organización anatómica y de las características radiológicas de la región de interés. El docente debe orientar al discente a que haga un bosquejo con trazos y bocetos para tratar de dibujar las estructuras anatómicas de interés, por ejemplo y siguiendo con la parte corporal manejada en el apartado anterior, las cavidades de la cabeza de un perro; nasal, oral, craneal, faríngea, senos paranasales y timpánica, esta última ubicada en la bulla timpánica. Trazando líneas que recorran los límites de cada cavidad para determinar su ubicación en una vista lateral (Fig. 7), de esa manera se va creando la configuración imaginaria de la cabeza, esto es, la configuración imaginaria de realidades no visibles.

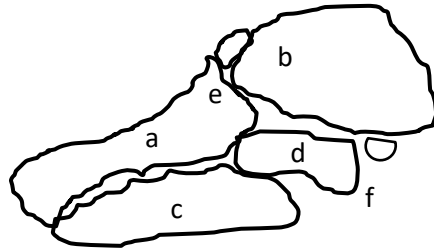


Fig. 7. Configuración imaginaria de las cavidades de la cabeza con trazos y bocetos. De inicio se ubican las cavidades de la cabeza como a) cavidad nasal b) cavidad craneal c) cavidad oral d), cavidad faríngea e) seno paranasal frontal y f) cavidad timpánica. Después se configurarán las demás estructuras contenidas en cada cavidad y sus características radiológicas. Fuente: elaboración propia.

Estos trazos y bocetos se ensamblan en la cabeza del perro, en una preparación anatómica de un corte sagital de cabeza que permite observar el interior de esta región corporal (Fig. 8A). Luego trazan dichas líneas en la superficie externa de la cabeza del paciente (Fig. 8B), para así contar con la configuración imaginaria más completa para tener presente la ubicación y las relaciones de las cavidades con su contenido. Además de los trazos y bocetos que se hacen para crear la configuración imaginaria, se pueden hacer dibujos para indicar la posición que el paciente debe tener y proyectar el haz de rayos X adecuadamente, evitando así sobreposiciones, ya que recordemos que se obtienen imágenes bidimensionales de cuerpos tridimensionales. Por ejemplo, siguiendo con las bullas timpánicas, éstas se sobreponen con los huesos del cráneo en proyecciones dorsoventrales y en proyecciones laterales se sobreponen entre ellas como se ve en la figura 5.

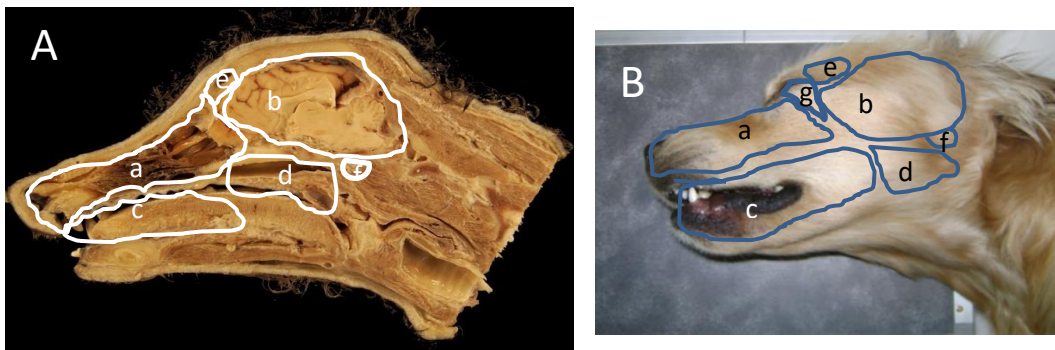


Fig. 8. Trazos y realidades no visibles. Los trazos permiten la ubicación en la configuración imaginaria del interior de la cabeza, panel A o de la superficie de la misma, panel B. Así se dirige con mayor precisión el rayo central a la región que contiene profundamente las estructuras de interés. Por ejemplo, para las conchas nasales, el rayo central se dirige al centro de la cavidad nasal. Fuente: elaboración propia con (A) pieza anatómica del Laboratorio de Apoyo Técnico a Anatomía y (B) fotografía del Laboratorio de docencia de Anatomía Veterinaria Aplicada e Imagenología. FES Cuautitlán UNAM.

Así es difícil analizar estas estructuras como se desea, pues en proyecciones laterales no se puede indicar qué bulla estaría afectada, si la izquierda o derecha o ambas. En proyecciones dorsoventrales, se pueden confundir lesiones de los

huesos del cráneo con las bullas. Contando con los trazos y bocetos de la región anatómica en estudio, se pasa a las acciones para realizar las proyecciones que se decidió tomar, como en este caso la proyección lateral de cabeza. Obteniendo la representación radiográfica de cabeza del paciente, se ensamblan los trazos y deben de coincidir con la ubicación anatómica preestablecida en la configuración imaginaria de realidades no visibles (Fig. 9).

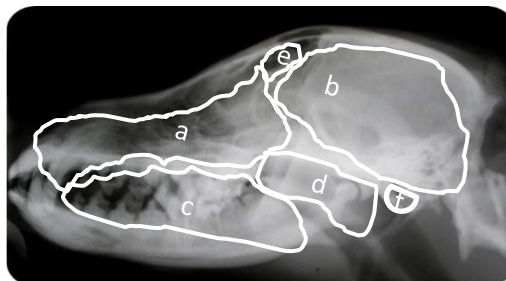


Fig. 9. Trazos y bocetos en la configuración imaginaria de realidades no visibles para hacerlas visibles. La configuración imaginaria de realidades no visibles, se pueden hacer visibles al llevarlo a la práctica. Los trazos generados en la superficie externa del animal, que indican la ubicación de las cavidades de la cabeza, coinciden con la imagen obtenida por rayos X. a) Cavity nasal, b) Cavity craneal, c) Cavity oral, d) Cavity faríngea, e) Seno frontal, f) Cavity timpánica. Fuente: elaboración propia con placa radiográfica del laboratorio de Anatomía Veterinaria Aplicada e Imagenología de la FES Cuautitlán UNAM.

De esta manera el docente tiene la gran oportunidad de llevar al estudiante a ejercer su imaginación para el aprendizaje de la anatomía radiológica, haciendo configuraciones imaginarias que los vaya reflejando con los trazos, luego ubicando las regiones anatómicas en el paciente para concretar la representación de dichas estructuras en imágenes obtenidas por rayos X.

CONCLUSIONES

Como se ha visto en los apartados II y III de este trabajo, es claro que para crear configuraciones imaginarias en el estudio de la anatomía radiológica y radiología diagnóstica es necesario el conocimiento de la anatomía sistemática y los diferentes enfoques como el topográfico y aplicado, además del manejo de los principios de radiología. Con estos conocimientos se tiene presente las estructuras que están profundamente a la piel del animal y por lo tanto no son visibles. Con las técnicas y procesos de la imagenología se hace posible hacer visibles las estructuras anatómicas internas con las particularidades de cada equipo. Las imágenes obtenidas deben ser bien proyectadas para que sean útiles, por ejemplo, las imágenes por rayos X. Aquí se hace un binomio muy interesante para poder configurar imaginariamente la imagen que se desea obtener, con los conocimientos de la anatomía de cada región corporal y el manejo de la técnica de rayos X para representar, en imágenes las estructuras anatómicas y poderlas analizar con base a sus propiedades radiológicas en cuanto a su radio-opacidad y su radio-lucidez, así como la gama de tonalidades de gris que puede contrastar la apariencia radiográfica de una estructura u órgano con otro. A partir de esto se generan las configuraciones imaginarias de realidades no visibles y que al aplicar la técnica de rayos X se llega a las realidades posibles. Como inicio de la configuración imaginaria en el proceso enseñanza-aprendizaje se realizan trazos y bocetos que van señalando las características anatómicas de interés en el estudio, además de determinar, en forma precisa la posición y relaciones anatómicas de las estructuras como por ejemplo las cavidades de la cabeza y su contenido. Después de los trazos y bocetos representando a las estructuras anatómicas, así, en el proceso cognitivo se estructura la configuración imaginaria de la realidad no visibles por el discente orientado por el docente.

Ahora para hacer visible dichas configuraciones se desarrolla la otra situación cognitiva, llevar a la práctica para aplicar la técnica de rayos X y hacer visibles esa realidad no visible. Para esta parte cognitiva y como se explicó en el punto III de este artículo, se requieren los conocimientos de los principios básicos de la técnica de rayos X, para aplicarlos y obtener así, la imagen lo más cercana a la realidad para hacer visible lo no visible. Algunos elementos importantes de esta técnica es saber que va sucediendo al atravesar los rayos X al cuerpo del paciente y la capacidad de detención de estos rayos por los órganos, de esta manera se tiene claridad sobre la gama de tonalidades grises que presenta una radiografía. Para obtener una buena imagen se debe tener presente en la configuración imaginaria tanto el docente como el discente la imagen que se pretende obtener y por lo tanto un adecuado manejo de la técnica concerniente a contraste, nitidez, alineación y posición, entre otros. Como en el arte, con los trazos y bocetos se proyecta la pintura o escultura que se quiere alcanzar, aquí se proyecta la imagen que se requiere para representar la imagen de las estructuras anatómicas a estudiar por rayos X.

Otro punto a considerar para la configuración imaginaria de la realidad no visible y hacerlo visible por rayos X, es la situación de que la imagen representada en una placa o en un monitor, es bidimensional y representa las imágenes de los órganos y estructuras de un cuerpo tridimensional. Para lo cual se requiere cultivar el pensamiento geométrico para abonar en la configuración imaginaria en lo ancho, largo y espesor, con esto se tiene presente la profundidad de la región a estudiar con la configuración imaginaria basada en los tres ejes X, Y y Z. Técnicamente, en radiología, para la tridimensionalidad del cuerpo se recomienda siempre obtener dos proyecciones en ángulo recto conocidas como ortogonales y de esa manera, con las dos imágenes se mantiene la profundidad del cuerpo junto con lo ancho y largo. Por ejemplo, en cabeza se aplican las proyecciones laterales y la ventrodorsal o dorsoventral al inicio de un estudio radiológico.

Con todo este viaje de las configuraciones imaginarias de realidades no visibles y llevarlos a la práctica para llegar a formalizar el conocimiento, el discente, al realizar los trazos y bocetos de las estructuras a radiografiar, luego aplicarlos en los huesos u otras estructuras de interés, para ubicarse mejor a que altura está su configuración imaginaria, para luego trazarlos en la superficie del paciente, se puede precisar lo que se requiere hacer visible al aplicar los rayos X como se representa en las figuras 7, 8 y 9 en donde se resume gran parte de este planteamiento. Así, al participar el estudiante en generar el conocimiento, desde las configuraciones imaginarias de la región anatómica y de las propiedades de los rayos X, pasar por la realización de la práctica, esto es, llevar a cabo todo el proceso de obtención de una placa con las bases anatómicas y los principios de radiología para llegar a formalizar el proceso de interpretar imágenes, bajo los lineamientos técnicos de interpretación radiológica, apoyados por el pensamiento geométrico y las configuraciones imaginarias, podrá manejar el estudiante este conocimiento durante el desarrollo de su ejercicio profesional.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo contó con el apoyo de los Proyectos:

PROYECTO UNAM FES Cuautitlán PIAPIME ID 2.11.08.20

PROYECTO UNAM FES Cuautitlán PIAPIME ID 2.11.12.20

PROYECTO UNAM FES Cuautitlán PIAPI 2050

CIECAS-IPN SIP 20195356 y SIP 20200738

Laboratorios de apoyo técnico de anatomía y el laboratorio de docencia en Imagenología de la FES Cuautitlán.

REFERENCIAS

Thrall, D.E. (2018). *Textbook of veterinary domestic radiology*. Ed. Elsevier, 7th ed.

Liste, B.R. (2010). *Atlas veterinario de diagnóstico por imagen*. Servet.

- Rodríguez-Salazar, L.M. (2015). Epistemología de la Imaginación: el trabajo experimental de Ørsted. Ed. Corinter. México.
- Rodríguez-Salazar, L.M, Oliver, G M & García, T.C. (2018). Veterinary education in the role of geometric imagination in imagen-ology: Three-Dimensional mental configurations of two-dimensional radiologic plates. Orthoplastic surgery & orthopedic. Care international Journal, Vol. 2 (1).
- Oliver González, M. R., García Tovar, C. G., Soto Zárate, C. I., Garrido Fariña, G. & Rodríguez Salazar, L. M. (2017). Epistemología de la imaginación: el pensamiento geométrico en la enseñanza de la anatomía y la histología. Lat. Am. J. Sci. Educ. V. 10 N. 4.
- Rodríguez-Salazar, L.M, Oliver, G M & García, T.C. (2019). Enseñanza de la ciencia en radiología: la Caverna de Platón hecha arte por la imaginación. ÑAWI. Vol. 3, Num. 1.
- Getty, R. (1975). Sisson and Grossman's. The anatomy of the domestic animals. W.B. Saunders Co. 5th ed. Philadelphia, U.S.A.
- Dyce K.M., Sack W.O., Wensing C.J.G. (2012). Anatomía veterinaria. Editorial El Manual Moderno, 4^a Ed. México.
- Morales, M.C. y Montoliu SP (2012). Neurología canina y felina. Multimédica ediciones veterinarias.
- Hermanson J.W., de Lahunta A., Evans H.E. 2020. Miller and Evan's anatomy of the dog. Elsevier, 5th Ed. St. Luis, Missouri, U.S.A.
- Shively, M.J. (1993). Anatomía veterinaria básica. Comparativa y clínica. Manual moderno.
- Muhlbauer, M.C. & Kneller S.K. (2013). Radiography of the dog and cat: Guide to making and interpreting radiographs. Iowa: Wiley-Blackwell.
- Gasse, H. (2017). Nómina anatómica veterinaria. International committee on veterinary gross anatomic nomenclature. Hannover Germany: Chairman Editorial Committee. 6th ed.
- Lavin, L.M. (2007). Radiography in veterinary technology. Fourth edition. Saunders. Elsevier.
- Ortega y Oliver, editores (2016). Manual de Prácticas de Anatomía Veterinaria Aplicada. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM.