

ENERGIA ATOMICA Y CIENCIAS VETERINARIAS

Dr. Osvaldo A. Di Landro ¹

La acción de las radiaciones ionizantes, en el vasto campo de las Ciencias Veterinarias, se ha incrementado cada vez más en las dos últimas décadas. Desde el punto de vista de aplicación de las mismas en la Medicina Veterinaria, la evolución que sobre métodos de aplicación en diagnóstico y tratamiento se ha experimentado con técnicas radioisotópicas en las enfermedades de los animales domésticos, ha colmado en gran parte las aspiraciones científicas de los veterinarios dedicados a la

Medicina Nuclear.

Es lógico, que dicha especialización requiere conocimientos muy específicos sobre radiofármacos e instrumentación nuclear, pero en la actualidad la misma ya ha adquirido un rango con perfiles propios, dentro de la jurisdicción de la radiología propiamente dicha.

A manera de ejemplo, citaremos trabajos realizados en el Hospital Veterinario de la Universidad de Fort-Collins, Colorado, EE.UU., —con total éxito de curación— por el Prof. Dr. Ed. Gillette en casos de cán-

¹) Prof. Adj. Técnico Asistente del Servicio de Radiología y Medicina Física.

cer de ojos en equinos, generalmente tor-dillos, (en los cuales el porcentaje de esta clase de carcinoma de células escamosas, es bastante frecuente) y en vacunos, preferentemente de la raza Hereford, y de localización especial en el párpado inferior, ocasionalmente en la membrana nictitante (tercer párpado).

El radioisótopo utilizado por el Prof. Gillette —que es uno de los pioneros de la radioterapia en medicina veterinaria y con quien tuve el honor de trabajar en su Departamento de Medicina Nuclear en el año 1971— fue el Cobalto 60, en forma de agujas; pero, en nuestro medio para casos similares a los citados, nos da el mismo resultado curativo, el uso de agujas de radium.

Conviene señalar, que la incidencia del neoplasma varía generalmente, con el tipo; la raza; y, la especie del animal a ser tratado.

Nos ha sido frecuente observar en las especies menores (felinos y caninos: en especial) epitelomas de la piel, a localización en nariz, labios, frente, cara, orejas, dorso de mano y/o pata, etc., en los cuales el porcentaje de curación total obtenido, ha dado excelente resultado merced al uso de las técnicas de supervoltaje (megavoltaje), —los valores de la radioterapia convencional oscilan, promedio: entre los 200 a 250 kV— provenientes de equipos tales, como:

1. Generadores electrostáticos de Van der Graff, con rendimiento aproximado de 2 MeV. (cada Megaelectrón - voltios, es equivalente a un millón de electrón-voltios);

2. Equipos de teleterapia, llamados generalmente: Bombas de Cobalto 60 o Bombas de Cesio 137, cuyos rayos gamma, tienen una energía equivalente a la de un equipo de Rayos X de aproximadamente tres millones de voltios;

3. Los aceleradores de electrones o partículas beta negativas, tales como el Betatrón, que generan emisiones con energías entre los 15 a los 42 MeV. o más, en la actualidad; y,

4. Los Ciclotrones, Sincrociclotrones y Sincrotrones, que son distintos tipos de aceleradores, en los cuales las partículas cargadas reciben repetidas aceleraciones sincronizadas mediante la acción de campos electrónicos, siendo las partículas mantenidas en la espiral por un poderoso imán. En los mismos, la energía de los protones se sitúa entre los 700 MeV. y los 25 BeV. (BeV, equivale a un billón de electrón-volt: 10^9 eV o 10^3 MeV. y también es sinónimo del otro símbolo: GeV: Gigaelectronvolt, usándose indistintamente los mismos).

Hoy día, debo acotar el incremento dado a la aplicación de la *neutronterapia* en casos de tratamiento de neoplasmas —en especial los esofágicos de tracto medio, con infiltraciones mediastínicas— en los que dicha técnica ha dado un porcentaje de curación de un 35 %, según me revelaran académicos del Centro Nuclear de Dubna, en mi visita científica que efectuara al mismo en 1972.

Microscópicamente, los epitelomas que aludiera ut-supra, tienen estructuras: espinocelular, base-celular o intermediarios, siendo en casos de recidivas, —sobre todo en pequeñas especies— aquéllos de estructura base-celular, los más frecuentemente hallados.

En el campo de la *FISIOLOGIA*, los valores de la volemia se obtienen perfectamente en las diversas especies animales, mediante el uso de técnicas con Cromo 51; mientras que con Sr. 85 y Ca. 45, se han logrado resultados alentadores en los estudios carenciales de la nutrición animal y muy especialmente en el metabolismo de los oligoelementos (elementos trazas) tales como el cobre, cobalto, zinc, iodo, manganeso, etc. Se ha generalizado en las técnicas de dichas investigaciones el uso de *los indicadores, trazadores, marcadores (tracers)* como se les suele llamar indistintamente y que son en sí: elementos o compuestos que han sido hechos radiactivos y que pueden ser fácilmente seguidos en sucesos biológicos y/o industriales. La radiación emitida por el radio-

isótopo, puntualiza su localización y la misma se efectúa mediante el uso de detectores.

Mediante técnicas con carbono 14, se han obtenido valiosas conclusiones en el ciclo de la lactancia y el vacuno ha llegado a ser un colaborador más, en la investigación metabólica con radioisótopos. En efecto dicha especie sintetiza hidratos de carbono, grasas y proteínas y ofrece los mismos para su análisis: que marcados con radioisótopos nos han brindado excelentísima información, en especial en el esquema metabólico tan reconocido — entre otros— como lo es el “ciclo de Krebs”, llamado también “ciclo del ácido cítrico”; este ciclo representa el punto final de la oxidación no tan sólo de los hidratos de carbono, sino también de las grasas y de gran número de amino-ácidos.

También el análisis por *radiactivación* y *la autorradiografía*, han dado aportes valiosos a las Ciencias Veterinarias.

El análisis por radiactivación, es un método de análisis químico (cualitativo y/o cuantitativo) de gran sensibilidad, de técnicas rápidas y destinado especialmente a la especulación de pequeñas trazas de material y que se basa en la detección de radionúclidos característicos, generados en el seno de la sustancia analizada, sometido a un intenso flujo de partículas bombardeantes.

Por razones de orden técnico, la fuente preferida para la irradiación productora de neutrones, son hoy día los reactores atómicos; pero, asimismo otras fuentes productoras de partículas bombardeantes pueden ser empleadas, por ejemplo: ciclotrones; sincrotrones; betatrones; aceleradores lineales; etc.

El fundamento del método se basa en la producción de uno o varios radioisótopos como consecuencia de la captura de neutrones por los núcleos de la sustancia a estudio, y posteriormente la determinación característica de la radiactividad inducida en la muestra. Surge de hecho, una de las limitaciones al método de ra-

diactivación: que el isótopo producido no sea radiactivo.

Aprovechando la Exposición “Atomos para la Paz” realizada en Montevideo, en el año 1963, tuvimos la oportunidad de trabajar en un Reactor de 10 kV, Tipo LNP, de la misma. Realizamos investigaciones de análisis por radiactivación, sobre: “Ensilado de Pescado” (fish silage), llamado también: hidrolizado o bio-proteocatenolizado de pescado— producto éste que surge de la acción proteolítica de una levadura sobre la carne del pescado, en presencia de una fuente energética tal como lo son: el azúcar o la melaza de caña de azúcar o de remolacha, escindiendo la molécula proteica en polipéptidos y aminoácidos, los que quedan en solución en la parte líquida del producto. El proceso se desarrolla a una temperatura no mayor de 37 grados C. y queda terminado en no más de 72 horas. En las muestras que investigamos —preparadas por el precursor de estos estudios y Director del Instituto de Investigaciones Pesqueras de la Facultad de Veterinaria de Montevideo, Uruguay, el Prof. Dr. V. H. Bertullo— se seleccionó para la preparación del producto final: la merluza.

En nuestra experiencia, cada una de las muestras de ensilado de pescado, fueron irradiadas 15 minutos, en un flujo —“flux”— equivalente a: $5,7 \times 10^{10}$ n/cm²/seg.. Las resultancias de los trabajos se publicaron en oportunidad, y entre otros hallazgos fundamentales, nos llamó poderosamente la atención el llegar a detectar por radiactivación en las muestras a estudio: I; Fe; Cl; y Br; etc., y sobre todo el Bromo, siendo que de dicho halógeno, situación fisiológica en medicina veterinaria es poco conocida.

En cuanto a *la autorradiografía* (autoradiograma, autograma y/o radioantograma, como se le suele llamar indistintamente) es un método que consiste en el registro fotográfico de las radiaciones emitidas, por un producto radiactivo contenido en una muestra en estudio. Se preparan los cortes del tejido a través de distintas zonas de

interés y se colocan los mismos: marcados y/o radiactivados, —como se les quiere llamar— adosados a una película fotográfica especial. La radiación ennegrece la película en los lugares en que penetra, y mediante el revelado, se obtiene una impresión de contacto que da las intensidades relativas de la radioactividad, de distintas porciones del corte a estudio. Desde el punto de vista biológico, este método tiene gran importancia para el estudio de las funciones celulares y por ende ha redundado enormemente en el campo de las estructuras citológicas; la fisiopatología celular; y, las propiedades físico-químicas de las células. En autorradiografía, son empleados generalmente beta emisores de baja energía del tipo de H^3 (0.0189 Mev); C^{14} (0.155 Mev); S^{35} (0.166 Mev); Ca^{45} (0.254 Mev); etc.; con los que se logra un buen poder de resolución, dependiendo también su calidad, de que la emulsión del film sea de grano fino, entre otras características específicas.

Ya en estudios de *Fisiopatología* o en métodos clínicos de diagnóstico, se han iniciado en medicina veterinaria, las aplicaciones de la *Gammagrafía*. Consiste dicho método, en utilizar para la exploración morfológica orgánica, un radioisótopo trazador y en detectar automáticamente la radiación de un órgano desde el exterior, reproduciéndose sobre papel o placa fotográfica su imagen y particularmente morfológicas. Para realizar este tipo de exploración, es necesario previamente administrar un isótopo radiactivo que sea electivamente fijado por el órgano que se desea explorar y que por otra parte posea una radiación gamma, con una energía suficiente para poder ser detectada desde el exterior. El aparato utilizado para obtener la gammagrafía, se llama Scanner o aparato de detección gammagráfica, y consiste en un tubo de centelleo con cristal de yoduro sódico activado con talio, y cuyo tamaño varía entre: 2,54 x 2,54 cms. y 7,62 x 5,08 cms., según la resolución del aparato. Este cristal debe estar muy bien pro-

tegido con plomo y a su vez poseer una buena colimación.

Los órganos generalmente estudiados mediante gammagrafía son: tiroides; hígado; bazo; riñón y cerebro. Se ha extendido también dicha técnica a estudios en: corazón; linfáticos y gammagrafía corporal total, con el fin de localizar en este último caso, las posibles metástasis neoplásicas.

Como sustancias trazadoras se emplean por ejemplo: el yodo radiactivo en la gammagrafía de tiroides; el oro coloidal radiactivo o el rosa de bengala marcado con Iodo 131 , en el hepatogammagrama; etc.

Por último, se está experimentando en medicina veterinaria, lo que en la *Cardiología* humana es de práctica corriente. Me refiero a la colocación de "marcapasos" —pacemakers— en grandes reproductores: tanto sean pur-sangre y/o vacunos, con cardiopatías especiales.

El marcapaso artificial, es un aparato de prótesis médica, capaz de corregir los trastornos de la conducción entre la aurícula y el ventrículo. Están compuestos de un generador; los cables y los electrodos.

En lo que a nuestro trabajo atañe, tiene especial interés la parte del generador, ya que vamos a dejar constancia que a pesar de seguir usándose los generadores alimentados por baterías químicas —tipo de mercurio— con una capacidad de 1.00 mA.H y una tensión sobre sus bornes de 1,35 Volt, se han empezado a implantar marcapasos, con generadores a base de radioisótopos tales como el Plutonio 238; el Promecium 147; etc.

Mientras que las baterías químicas generalmente necesitan cada dos o tres años ser reemplazadas, en los generadores a base de radioisótopos se asegura una duración aproximada: entre los 8 a 10 años.

Como se ve, otra aplicación directa e importantísima de la energía atómica con fines terapéuticos, en la medicina veterinaria.

Las aplicaciones de las radiaciones ionizantes, en disciplinas tales como la: *Parasitología*; *Virología*; *Bacteriología*; etc., también ha dado sus frutos a las Ciencias

Veterinarias. En efecto, acotamos que existen ya "radiovacunas" de uso extensivo en el comercio, tales como las antilarvales: del tipo Anti-*Dictyocaulus Viviparus* (preparada por primera vez, en el Veterinary Hospital de la Universidad de Glasgow) y la anti-*Dictyocaulus Filaria* (preparada en Yugoslavia); esperándose de un momento a otro, la aparición en el mercado terapéutico veterinario, de la radiovacuna: Anti-*Acncylostomum Caninus*. De nuestra parte, hemos puesto verdadero interés científico, en la obtención de una *radiovacuna Anti-Aftosa*, y en dicho campo de su factibilidad nos encontramos trabajando desde el año 1966.

Al respecto, se han publicado trabajos enjundiosos, tales como los del Prof. Dr. D. Massa (Laboratorio Radiobiológico Veterinario, de la Universidad de Perugia - Italia) quien en el Simposio Internacional de Karlsruhe: 6-10 de junio de 1966 expresara en su resumen: "Se han estudiado los efectos de la radiación gamma sobre los virus de la fiebre aftosa cultivados "in vitro" y según los resultados obtenidos, para reducir el número de partículas víricas de los 10^7 a 1, se requiere una dosis de 3 Mrad, cuando el virus se halla en un medio líquido y de 4 Mrad, cuando se halla en un medio seco. Se han estudiado en los animales los efectos de la radiación gamma sobre los virus de la fiebre aftosa. Los resultados indican que para inactivar estos virus, en tejidos experimentalmente infectados —donde el contenido vírico alcanza un valor máximo (sangre, médula ósea, ganglios linfáticos), se precisan dosis de 2 Mrad para la sangre y médula ósea, y 1,5 Mrad para los ganglios linfáticos."

Hoy día se acepta, que la *radioinactivación de los virus de la fiebre aftosa (y los de la poliomieltis)* se consiguen con dosis de radiación gamma, del orden de 3 a 10 Mrad. (El Rad - Radiation Absorption Dose— es la unidad de energía de radiación ionizante absorbida por la materia, a través de la cual pasa la radiación. Una dosis de radiación de 1 Rad, supone la liberación de 100 ergios de energía en cada gramo de

materia que atraviesa la radiación. Frecuentemente se usan múltiplos de esta unidad para expresar dosis de radiación, a saber: el Kilorad, 1 Krad = 1000 Rad y el Megarad, 1 Mrad = 1 millón de Rad).

Se comprenderá cuánta será nuestra inquietud investigativa, en conseguir una "radiovacuna" Anti-Aftosa para el Uruguay, logrando la radioinactivación de los trece tipos de virus: A, O y C, que nos asolan, y la trascendencia —de lograrlo— en favor de nuestra riqueza ganadera y de la aceptación de mercados extranjeros a la importación de nuestras carnes, por considerarlas en la actualidad portadoras de virus aftósicos.

Es ésta, una de nuestras metas más codiciadas de las investigaciones que efectuamos con radiaciones ionizantes, en medicina veterinaria.

La Microbiología, ha conseguido éxitos insospechados, en relación con métodos aplicados para la conservación de alimentos irradiados. Se trabaja a gran ritmo, en los laboratorios bromatológicos de todo el mundo, en la aplicación de técnicas nucleares para preservar alimentos.

A manera de ejemplo, diremos que la *radioesterilización* se emplea ya con éxito, para el consumo de carne vacuna; mariscos; pollos y jamones; (al igual que para la papa; cebollas; algunas frutas; ajos; etc.) experimentándose con celeridad en la conservación del pescado y otros alimentos.

Qué porvenir más promisor espera a la economía del Uruguay, si su tecnología veterinaria haciendo uso de las radiaciones ionizantes, emplea las mismas para conservar alimentos fácilmente perecederos —como los mencionados anteriormente— y qué ahorro de divisas por concepto de exportación en bodegas frigoríficas, obtendrían nuestras carnes con dichos métodos, que aseguran la integridad del producto para muchos meses.

Como es lógico suponer, es necesario seguir inculcando en las Facultades de Veterinaria, y especialmente en aquellas cátedras de radiología; biofísica; fisiología;

tecnologías de la carne; del pescado; de la leche y de productos y/o subproductos animales; etc., la incentivación a los estudiantes y egresados, a fin de la especialización de técnicas que intervengan en este alentador campo científico, con disciplinas tan específicas como ser: tecnología de los alimentos; bioquímica; microbiología; sanidad; envasado; farmacología; toxicología; tecnología de las radiaciones ionizantes; etcétera.

Ya desde el año 1964 a la fecha, Grupos de Expertos —a nivel internacional— en preservación de alimentos por radiaciones, han realizado reuniones científicas y aconsejando a los investigadores mundiales en dicho campo tecnológico, sobre actualizaciones de métodos aplicables al respecto. Recordaremos —por su importancia— las que se sucedieron en Roma en 1964; en Viena y el Reino Unido en 1965; en Moscú en 1966; Londres: 1967 y últimamente en India. Precisamente, como fruto de los trabajos que estos hombres de ciencia han consagrado en pro de la conservación de alimentos por métodos con radiaciones, han surgido tres tipos que se emplean actualmente y, que a continuación citamos: *Radappertización*; *Radacidación* y *Radurización*.

Tipo I. Radappertización. Consiste en la aplicación a los alimentos de dosis de radiaciones ionizantes, suficientes para reducir el número o la actividad de los organismos viables en una medida tal que, si acaso, pueda detectarse muy pocos de ellos en los alimentos tratados, por cualquiera de los métodos generalmente admitidos (excepción hecha de los virus). Siempre que no se produzca una contaminación ulterior al tratamiento, no deberá detectarse con los métodos actualmente aplicables, descomposición ni toxicidad microbiana alguna, independientemente del tiempo que lleven los alimentos almacenados y de las condiciones de este almacenamiento.

Tipo II. Radacidación. Consiste en la aplicación a los alimentos de dosis de radiaciones ionizantes suficientes para reducir el número de determinados microorga-

nismos patógenos viables, no formadores de esporas (excepto los virus) de forma que no pueda detectarse ninguno en el alimento tratado, por ningún método normal.

Tipo III. Radurización. Consiste en la aplicación a los alimentos de radiaciones ionizantes, suficientes para aumentar su conservabilidad, pues originan una considerable reducción del número de determinados microorganismos viables, causantes de descomposición.

Se observa del estudio de estos tres grupos, que los problemas microbiológicos que son de esperar, varían según el tratamiento irradiatorio que vaya a aplicarse, esto es, según que la finalidad de éste sea: a) *Radappertización*, —en donde se requieren dosis de irradiación de varios megarad— destruir todos los organismos capaces, aunque sólo sea en potencia, de proliferar en los alimentos; b) *Radacidación*: destruir exclusivamente determinados organismos patógenos,— se comprende que la dosis de irradiación dependerá de la radiosensibilidad de los microorganismos patógenos específicos—; c) *Radurización*: destruir un grupo concreto de organismos que causen la descomposición de los alimentos, la dosis de irradiación aplicada con estos fines, varía aproximadamente entre 0,1 y 1,0 Mrad.

La radiosensibilidad relativa, de las diferentes especies microbianas, es uno de los factores más importantes a tenerse en cuenta en todo proceso de irradiación de alimentos. Por ejemplo, se requieren diferentes dosis para la inactivación de formas esporuladas bacterianas del género *Clostridium* *betulinum*: 4 Mrad, que las empleadas para formas esporuladas de *Bacillus* *coagulans*: a concentraciones de 10^4 esporos/ml, y para cuya inactivación son suficientes Rayos X de 50 kV.

Las teorías que existen acerca del mecanismo de acción de la radiación sobre las células microbianas son diversas, y aunque aún en definitiva no se ha aclarado el mismo, aparecen como muy acertados aquellos estudios que consideran que el daño producido en las células, es consecuencia

de una inhibición específica de su división celular: como resultancias de la interacción de la radiación con los ácidos nucleicos.

Como decíamos al principio —al tratar este punto— en estos últimos años se viene observando un interés creciente, en la demanda de artículos alimenticios tratados por métodos de irradiación; y siempre que esta modalidad de conservación ofrezca ventajas sobre otros procedimientos, será necesario que los países interesados en la aplicación de dicho método, promuevan leyes semejantes con fines de regular su comercialización internacional.

La esterilización de materiales de uso bio-médico por las radiaciones, es otra de las aplicaciones de la energía nuclear en la medicina veterinaria. Este tipo de radioesterilización se utiliza para jeringas de plástico, agujas hipodérmicas, material de suturas (absorbibles o no), gasas, algodón, tejidos para injertos, dietas para animales de experimentación, etc. Las dosis de radiación necesaria —provenientes de aceleradores lineales y/o fuentes de Cobalto 60; Cesio 137; entre otras, se sitúa en el orden de los 2,5 Mrad a 5 Mrad.

La radioesterilización aplicable a productos biomédicos, supera en muchas oportunidades a la esterilización que a dichos fines se utiliza con el óxido de etileno —que es un gas muy difusible y no agresivo— ya que este último, actúa en superficie y/o tiene poco poder de penetración.

CONCLUSIONES

El autor hace un sintético estudio, sobre los avances técnicos que en la actualidad brinda la Energía Atómica aplicada a las Ciencias Veterinarias; y, en especial a disciplinas tales como: MEDICINA NUCLEAR; PARASITOLOGIA; BACTERIOLOGIA; DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO EN GRANDES Y/O PEQUEÑOS ANIMALES; ONCOLOGIA; ESTERILIZACION DE ALIMENTOS; ETC.

Y terminando este breve artículo, sobre aspectos tan favorables en la aplicación pacífica de la energía atómica en las Ciencias Veterinarias, lo hacemos acotando aquellos datos, que siempre recordamos como antítesis en nuestra dialéctica docente: "...aproximadamente un 70 % de los 900 equinos existentes en Hiroshima en la explosión atómica de 1945: murieron inmediatamente; se contaminó el pescado —sobre todo por Zinc 65—; las aves se mostraron más resistentes, demostrando que aunque las sustancias radiactivas se encontraban presentes en el examen post-mortem, con mayor concentración en la médula, hígado, bazo y pulmón, los otros órganos estaban menos contaminados que en otras especies; ...etc., etc." informaciones científicas que demuestran —al decir de Bertrand Russell— que "antagonismo abismal existe, entre el buen y benéfico empleo de la energía atómica y la apocalipsis que causara la misma, con fines bélicos, en el episodio de Hiroshima y Nagasaki en 1945".

Que el auge en las aplicaciones de las radiaciones, extensivo a las diferentes disciplinas de las Ciencias Veterinarias siga su curso, y que de ello las resultancias en provecho de la Humanidad y el Reino Animal se vean cada vez más favorecidas, es el deseo de los que nos dedicamos al estudio, investigación y uso de las mismas.

Nota: Para algunos conceptos técnicos que figuran en la presente monografía, se han tenido en cuenta referencias publicadas por la OIEA y Congresos Internacionales de Medicina Veterinaria.

CONCLUSIONS

The author makes a concise study about the technical advances that Atomic Energy grants now a days applied on the Veterinary Sciences; and specially on subjects such as: NUCLEAR MEDICINE; PARASITOLOGY; BACTERIOLOGY; DIAGNOSIS and TREATMENT IN LARGES AND SMALL ANIMALS; ONCOLOGY; RADIATION PRESERVATION OF FOOD; ETC.