

**INSTITUTO DE ESPAÑA
REAL ACADEMIA DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**DESARROLLO DE LA TÉCNICA DE INSEMINACIÓN ARTI-
FICIAL EN GANADO PORCINO EN ESPAÑA**

**DISCURSO DE INGRESO PRONUNCIADO POR EL
EXCMO. SR. D. RAÚL SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**EN EL ACTO DE SU TOMA DE POSESIÓN
COMO ACADÉMICO DE NÚMERO
EL DÍA 20 DE NOVIEMBRE DE 2017**

**Y DISCURSO DE CONTESTACIÓN
DEL ACADÉMICO DE NÚMERO,
EXCMO. SR. D. JUAN MARÍA VÁZQUEZ ROJAS**



**18 de diciembre de 2017
MADRID**

© Autor: Raúl Sánchez Sánchez
© Coautor: Juan María Vázquez Rojas
Editorial Liber Factory

ISBN: 978-84-17117-82-5
Depósito legal: M-34680-2017

ÍNDICE

Págs.

1 Agradecimientos	11
2. Laudatio	14
3. Introducción	15
4. Historia de la inseminación artificial	16
5. Implantación de la inseminación artificial en ganado porcino	24
6. Evolución de los diluyentes utilizados en la conservación del semen porcino refrigerado	26
7. Claves del éxito del establecimiento de la inseminación artificial en los esquemas productivos	29
7.1. Implantación de la técnica de inseminación artificial en las propias granjas	29
7.2. Establecimiento de la técnica en grandes centros de inseminación artificial	31
7.3. Mejora de competitividad	32
8. Valor estratégico de los verracos utilizados en inseminación artificial	34
9. Objetivos de futuro planteados en la inseminación artificial . . .	37
9.1. Aplicación de una única inseminación por estro	37
9.1.1. Sincronización de la ovulación	38
9.1.2. Aplicación de dosis con semen encapsulado	39
9.2. Preselección del sexo por separación de espermatozoides X e Y	40
10. Epílogo	41
11. Bibliografía	45
Discurso de contestación por el Excmo. Sr. D. Juan María Vázquez Rojas	51
Prólogo	53
De sus antecedentes y sus méritos científicos	54
De su Discurso	57
Epílogo	60

DISCURSO DE INGRESO PRONUNCIADO

POR EL

Académico de Número

Excmo. Sr. D. Raúl Sánchez Sánchez

*“El verdadero progreso
es el que pone la tecnología al alcance de todos”*

Henry Ford (1863 - 1947)



*Excelentísimo Señor Presidente de la Real Academia de Ciencias Veterinarias,
Excelentísimos Señoras y Señores Académicos,
Señoras y Señores.*

Comparezco de nuevo ante ustedes, en esta ocasión en el acto de ingreso y presentación como Académico de Número, con la medalla número 40 de la Sección 3^{era} de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España.

Es para mí un gran honor y una gran satisfacción reforzar los lazos de unión con esta prestigiosa Institución, que sin duda fortalecerán el amor que tengo por mi profesión de veterinario, y en el que me comprometo a cumplir las exigencias y expectativas que de mí se necesiten, tal y como se establece en sus estatutos.

1. AGRADECIMIENTOS

Como muy acertadamente expreso un autor no conocido:

“La gratitud da sentido a nuestro pasado, trae paz al presente y crea una visión para el mañana”.

Con estas palabras que valoran los agradecimientos hacia personas o grupos de personas, que nos han ayudado en el transcurrir de nuestras vidas. Nos dan pie a reconciliarnos con el pasado, darnos sentido apropiado a nuestro presente, y sin duda tienen una gran trascendencia para nuestro futuro. Permítanme que con este sentimiento, trate de ser justo y manifieste mis agradecimientos.

En primer lugar quiero expresar mi reconocimiento a todos los Académicos por su apoyo a mi candidatura para realizar este ingreso, especialmente a los Excelentísimos Señores Académicos que avalaron mi solicitud como Académico de Número en la Sección de Zootecnia: Don Leopoldo Cuellar Carrasco, Don Quintiliano Pérez Bonilla y a Doña Gema Silván Granado. Agradezco también a los Excelentísimos Académicos Don Miguel Ángel Aparicio Tovar y a Doña Ana Pérez Fuentes por sus avales en otras convocatorias presentadas. Gracias por aceptarme como compañero, espero compartir ilusiones y proyectos que aporten prosperidad a esta Ilustre Institución.

Mi agradecimiento y reconocimiento al Excelentísimo Académico y Catedrático Don Juan María Vázquez Rojas que tiene la amabilidad de contestar este discurso en nombre de la Real Academia de Ciencias Veterinarias. El Doctor Juan María Vázquez ha sabido tejer en su vida profesional como veterinario, la investigación, docencia, gestión, además de la política. Su buen hacer, le ha posibilitado alcanzar el rango de gran autoridad en todas ellas, sin llegar a perder su sencillez y cortesía para todas las personas que le rodean. Me siento muy honrado y orgulloso de poder disfrutar su amistad, además de haber compartido la maestría y generosidad del Dr. Emilio Martínez García, que marcaron nuestros inicios como investigadores.

Quiero tener un especial recuerdo para mi familia que se ha dedicado tradicionalmente al trabajo agroganadero, y sin duda han marcado mi visión profesional. Cuando decidí realizar Veterinaria en la Universidad Complutense de Madrid, en mi familia fue muy bien acogido, puesto que era el primer veterinario después de que mi bisabuelo Miguel Villarta Laín desarrollase su profesión de veterinario, a finales del siglo XIX en los pueblos de Alameda de la Sagra y Añover de Tajo. Posteriormente su hijo, mi tío abuelo Manuel Villarta Encinas, a principios del siglo XX ejerció su vida profesional de veterinario como inspector del matadero de Madrid, en el pueblo de Fuencarral, donde le manifestaron su gratitud por su actividad profesional, poniendo su nombre a una de sus calles que aún se mantiene. En el campo de la Zootecnia mi abuelo Félix Sánchez Tardío cursó estudios de ingeniero agrónomo a principios del siglo XX, aplicó nuevas técnicas de mejoras de tierras y nuevos cultivos en la vega de Aranjuez, incluyendo también una de las que pudiesen ser las primeras granjas avícola en sistema intensivo.

Me siento muy agraciado de todo lo que he recibido de mis padres, especialmente la educación que recibimos una familia numerosa de cinco hijos. Donde aprendí apreciar el amor al trabajo, disfrutar de la libertad sin dejar de tener sus consejos, valorar y disfrutar las cosas sencillas, luchar por lo que se quiere, aprender a superar las situaciones difíciles. En fin, no terminaría de referirme a todas las bondades que he recibido, y lo orgulloso que me siento de ellos.

Otros pilares de mi vida personal son mi mujer María Jesús y mis hijos Eduardo, Raquel y Javier, que llenan de felicidad y equilibrio mi existencia. Tengo que agradecer a mi esposa, el apoyo que he recibido en todos los proyectos profesionales que he iniciado, y en los momentos duros, en los que he tenido su ayuda y colaboración.

Cuando inicié mis estudios universitarios en la Facultad de Veterinaria de Madrid, después de haber terminado en la última promoción de los antiguos cursos de Bachillerato, previos a que se iniciasen el Bachillerato Unificado Polivalente conocido como BUP, era consciente que el tesón y trabajo ayudarían a alcanzar la Licenciatura. Una vez que lo conseguí, y me enfrentaba a encauzar mi vida profesional, me di cuenta que tan necesarios como las bases de conocimiento aprendidas en la universidad, son los contactos que se van estableciendo a lo largo de la vida, que sin duda son los que te ayudan a conseguir lo que la ciencia no puede darte, a través de consejos, información, ayudas, o simplemente estar cuando los necesitas, y que según pasa el tiempo valoras lo bueno que es tener compañeros que se convierten en tus mejores amigos. Aprovecho para dar las gracias públicamente a los compañeros de mi promoción, profesores, personal técnico, ganaderos y amigos que han ayudado que mi vida profesional haya ido creciendo, y evolucionando.

Les confieso que nunca pensé que mi vida profesional de veterinario se centraría en la investigación relacionada con la biotecnología reproductiva en ganado porcino, gracias a la mediación del Doctor Leopoldo Cuellar Carrasco y el Doctor Tomás Pérez García me facilitaron conocer al Doctor Santiago Martín Rillo, que me permitió iniciarme en este apasionante mundo. Desde el primer encuentro con el Doctor Santiago, me transmitió su pasión por trabajar con ganado porcino, y me hizo ver su visión práctica del desarrollo de la investigación.

Poder haber estado en los años 80 y 90 colaborando con el grupo de Reproducción Porcina del INIA con el Doctor Santiago Martín Rillo, fue muy satisfactorio puesto que ayudó a impulsar el proceso científico y práctico de la técnica de inseminación artificial en ganado porcino, que permitió su difusión en nuestro país. Fueron tiempos de mucho trabajo, viajes, muy emotivos y gratificantes a nivel personal y profesional.

Mi especial recuerdo para mi centro de trabajo, el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), que me ha posibilitado ejercer mi carrera como investigador intentando generar conocimientos que supongan avances en la ganadería. Es así, como he intentado enfocar mi profesión, donde las tareas desarrolladas pudiesen tener transferencia a las necesidades de la sociedad, y les puedo asegurar que no hay nada más gratificante en la vida laboral, que ver que la actividad desarrollada resulta de interés y utilidad a la sociedad. No quiero dejar sin expresar mi más profundo agradecimiento, a todos los compañeros del INIA con los que hemos compartido multitud de experiencias e ilusiones en el transcurrir de la vida profesional.

2. LAUDATIO

Siguiendo el protocolo que mantiene la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España, para el desarrollo de este acto. Me corresponde el honor de pronunciar la *Laudatio* al Excmo. Sr. Don Antonio Borregón Martínez, mi predecesor en el número de medalla que me impondrá la Real Academia (la número 40). Con el ánimo de expresar un emocionado recuerdo a su persona y sus méritos profesionales, me resulta sencillo desarrollarlo en la medida que se realiza en honor de quien reunió infinitamente más méritos y es bastante más conocido que quien intenta su alabanza.

El Doctor Antonio Borregón fue gran autoridad y buen conocedor de nuestra profesión de veterinario desde su base en la veterinaria rural hasta los altos cargos de la Administración, y sobre todo, en la Organización Colegial Veterinaria. Doctor Veterinario y Licenciado en Medicina y Cirugía, perteneció al Cuerpo Nacional Veterinario y al Cuerpo Médico de Sanidad Nacional, y a la Escala de Facultativos Sanitarios del Insalud. Desempeñó numerosos cargos en la Adminis-

tración Pública, entre otros cargos de relevancia: veterinario titular en el medio rural, inspector provincial de Sanidad Veterinaria, fue subdirector general de Sanidad Veterinaria, Director del Centro Nacional de Alimentación y Nutrición entre 1988 y 1995. En el ámbito internacional ha sido consejero de la Asociación Mundial Veterinaria para el Oeste de Europa, miembro del Consejo General Veterinario en la Federación de Veterinarios Europeos (FVE), miembro del Consejo General Veterinario de la Asociación Veterinaria Euroárabe y miembro observador en la Asociación Panamericana Veterinaria. Entre otras distinciones que le fueron otorgada, destacan la medalla de oro del Colegio de Veterinarios de Córdoba, Cruz del Mérito Militar de primera clase con distintivo blanco y Gran Cruz de la orden Civil de Sanidad, Presidente de la Fundación Rey Alfonso XIII para la Salud y el Desarrollo. Fue elegido presidente del Consejo General de Colegios Veterinarios de España en 1983 y reelegido en 1990 y 1995, en abril de 2001 le sucedió en el cargo el actual presidente Dr. Don Juan José Badiola Díez. Mi respeto y admiración ante tan insigne Académico, y un recuerdo especial y emotivo para toda su familia.

Permítanme que continúe con el desarrollo que tiene establecido el acto, para dar comienzo a la presentación del tema que he elegido en el discurso de ingreso como Académico de Número, y que lleva como título:

“Desarrollo de la técnica de inseminación artificial en ganado porcino en España”.

3. INTRODUCCIÓN

La inseminación artificial (IA) se utiliza ampliamente en los sistemas productivos de ganado porcino modernos en la gran mayoría de países productores de ganado porcino. Su implantación ha supuesto una enorme transformación en las bases productivas de las granjas porcinas, destacando el avance genético que supone su utilización, además de las mejoras en el manejo general de los núcleos productivos.

La evolución histórica de su desarrollo ha estado ligada a los sistemas de producción intensiva, además de los avances tecnológicos en biotecnología reproductiva que han permitido su establecimiento con muy buenos rendimientos en su utilización. En nuestro país su implantación fue temprana, y su grado de utilización ha evolucionado rápidamente en el manejo reproductivo de las granjas, su trayectoria ha sido tomada como modelo en algunos países que han adoptado la técnica posteriormente.

4. HISTORIA DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

La descripción de trabajos que pudiesen marcar el inicio de esta técnica en el tiempo no están lo suficientemente claros, ya que no están detallados y no referencian a los autores que lo desarrollaron. Carbonero citado por Moreno Fernández-Caparrós (2001) describe como posible inicio en la utilización de IA, la referencia en la Biblia respecto al color de la lana de los corderos de los rebaños del patriarca Laban, en la promesa que le hizo a Jacob de entregarle todos los corderos manchados que apareciesen en su rebaño, apreciándose en lo sucesivo, gran número de animales manchados, que hizo pensar la posibilidad de manipular la cubrición de las hembras. Curot (1922) cita el relato del Dr. Le Bon, donde describe que en el año 700 de la Hégira, siglo XIV de nuestra era, un jefe árabe extrajo con una esponja el semen de una yegua recién cubierta por un caballo muy deseado y que pertenecía a una tribu enemiga, fecundando posteriormente una de sus yeguas.

La Edad Media fue una época donde el uso de cualquier manipulación reproductiva se consideraba práctica antinatural, castigándose severamente cualquier actividad relacionada. En el siglo XVII Malphigi y Bibiena intentan fecundar huevos de gusanos de seda, con fluido seminal de las mariposas machos (Moreno Fernández-Caparrós, 2001).

Los espermatozoides fueron descritos por primera vez por Antoni van Leeuwenhoek (1678). A partir de un sistema de lentes diseñó un rudimentario microscopio que le permitía visualizar partículas pequeñas, que denominó *animalcules*. En 1678 remitió a la *Royal Society* de Londres un documento que contenía unos dibujos de espermato-

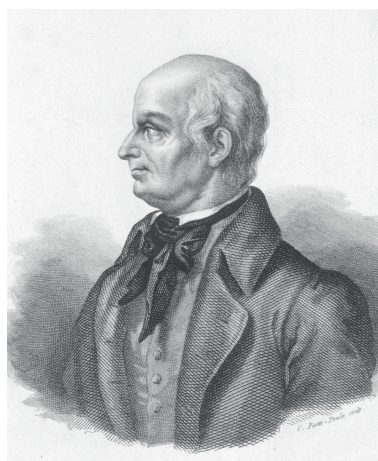
zoides de humano y perro, y los representaba ya con colas ondulantes relacionándolas con su movimiento (Mol, 2006; Kremer, 1979).

La primera experiencia de IA descrita en vertebrados fue realizada en 1725 por Ludovico Jacopi, en ella obtiene la fecundación de huevos de salmón que posteriormente alcanzaron desarrollo. Años más tarde, el alemán Welthein fecundó huevos de trucha por el mismo procedimiento (citados por Moreno Fernández-Caparrós, 2001).

Lázaro Spallanzani fue naturalista, sacerdote católico y profesor de la Universidad Reggio Emilia de Italia, en el siglo XVIII realizó numerosos trabajos relacionados con la reproducción en animales. Efectuó la primera inseminación con éxito en un perro (Belonoschkin, 1956; Zorigniotti, 1975), también se le atribuye la primera descripción del efecto que produce la temperatura sobre la viabilidad de los espermatozoides.



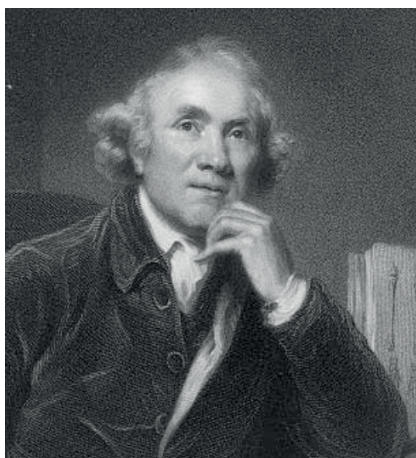
Antoni Van Leeuwenhoek
(1632-1723)



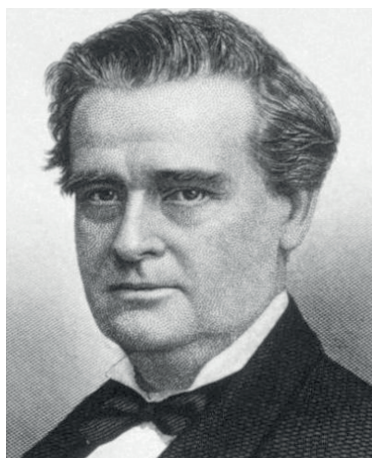
Lázaro Spallanzani
(1729-1799)

En reproducción humana la primera IA documentada, la efectuó en 1790 en Londres John Hunter el que fue cirujano del rey Jorge III. Trato a un comerciante de telas que presentaba infertilidad por padecer hipospadias severa, una vez pudo obtener un volumen de eyaculado, fue aplicado a su cónyuge a través de una jeringa precalentada a temperatura corporal, obteniendo con éxito la gestación y nacimiento de descendencia.

A mediados de 1800, el estadounidense Marion Sims considerado como el padre de la ginecología humana moderna, realizó numerosos estudios relacionados con la infertilidad de la mujer, consiguió avances importantes para tratar esterilidad y enfermedades reproductivas. También experimentó con la técnica de IA. Pasados los años, sus trabajos han sido considerados controvertidos, por utilizar en su experimentación mujeres esclavas.

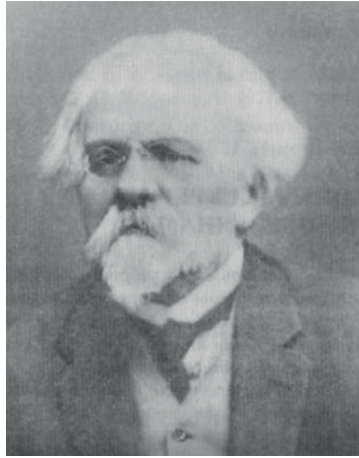


John Hunter
(1728-1793)



J. Marion Sims
(1813-1883)

Durante el siglo XIX se consiguen avances en el conocimiento básico de la fisiología reproductiva, que permitieron crear las bases de la técnica de la IA. En 1827 Kark Ernst von Baer, describe por primera vez el ovocito y los primeros estadios de desarrollo embrionario en la hembra. En 1843 el físico Martin Berry descubre la fertilización del espermatozoide al ovocito. En 1885 el francés Repiquet presentó en la Academia Veterinaria de Francia el trabajo titulado “Sobre las posibilidades teóricas del uso práctico de la inseminación artificial”, esta obra tuvo gran relevancia para la IA, en ella se enumeraban las ventajas que se podían obtener tanto en el campo zootécnico como en el sanitario de la aplicación de la que entonces llamaban fecundación artificial, asegurando que cualquier veterinario podía realizar la operación. Walter Heape (1897) en el Reino Unido era un destacado biólogo especializado en reproducción y embriología, estudió y describió la relación que existe entre la estacionalidad y la reproducción, desarrolló con éxito la recogida de embriones tempranos, y efectuó la primera transferencia embrionaria en coneja receptora.



Iliá Ivánovich Ivanov
(1870-1932)

Los estudios pioneros para establecer la IA en animales como un procedimiento práctico y con bases científicas, se iniciaron en Rusia por parte de Ivanov a finales del siglo XIX y principios del XX. Uno de los avances con relevancia que aportó en la técnica, fue el estudio de la bajada de temperatura en los espermatozoides para su conservación. Esta circunstancia la pudo deducir cuando observó que los espermatozoides recogidos en el epidídimo de moruecos abatidos en cacería conservaban su movimiento.

En 1922 Ivanov insemina por primera vez con éxito una oveja. Desarrolló técnicas para facilitar la manipulación del semen en buenas condiciones, en esta línea, diseño la formulación de diluyentes que permitían su manipulación, conservación, y transporte del semen. Para alcanzar la difusión de la técnica de inseminación, organizó cursos de formación para técnicos, cuyos objetivos fundamentales eran la selección de sementales, y la transferencia de la metodología a utilizar. Se practicaron inseminaciones a gran escala, en equino se pasaron de inseminar 1.000 yeguas en 1923, a 250.000 en 1929. Gran parte del trabajo Ivanov fue asumido más tarde por Milovanov (1938) (citado por Moreno Fernández-Caparros, 2001).

Los avances conseguidos por el grupo ruso, determinaron interés en otros países, así en Japón Ishikawa después de recibir formación con Ivanov, inicio en 1912 un programa similar de IA en caballos (Nishikawa, 1962), posteriormente fue implantando en ganado vacuno, ovino, caprino, porcino y aves de corral. Las publicaciones que

realizaron estaban en el idioma japonés, y no llegaron a tener proyección en el mundo occidental, posteriormente Niwa (1958) y Nishikawa (1962, 1964, 1972) resumieron la investigación en inglés.

La publicación en 1922 de Ivanov que contenía los avances conseguidos en IA, fue la base del libro "*The Thecnique of Artificial Insemination*" del inglés Arthur Walton (1933). Este autor desarrolló experimentación para conocer mejor la conservación seminal. En uno de sus trabajos se efectuó un envío de semen de cabras Suffox conservado a 10°C desde el Reino Unido a Rusia y Polonia. Sin embargo, la IA comercial no tuvo una evolución masiva en el Reino Unido.

Eduard Sorensen miembro de la *Royal Veterinary College* de Copenhague, estaba muy familiarizado con la obra rusa, organizó la primera cooperativa de IA lechera en Dinamarca en 1936. El programa incluyó trabajar con 1.070 vacas el 1^{er} año, alcanzando el 59% de hembras gestantes, un poco mejor que la monta natural en los mismos rebaños. Este fue un estímulo importante para el desarrollo de IA en el ganado lechero en los Estados Unidos, y otros países occidentales. Los veterinarios daneses establecieron el método de inseminación con fijación recto-vaginal del cuello uterino, permitiendo que el semen se depositara profundamente en el cérvix del útero o en el cuerpo del útero. Otro hallazgo de interés para la técnica fue la utilización de pajuelas para envasar el semen (Sorensen, 1940), la inspiración para utilizarlas le llegó a Sorensen en la fiesta de cumpleaños de su hija, observando como los niños absorbían la bebida con una pajita de celofán. Posteriormente Cassou (1964) en Francia produjo y patentó las pajuelas comerciales que se han utilizado en todo el mundo.

En Suecia, Lagerlof se dio a conocer por sus trabajos relacionados con problemas de infertilidad en toros, completó su tesis titulada "Cambios en los espermatozoides y en los testículos de toros con deficiencia o abolición de la fertilidad" (Lagerlof, 1934). Llegó a establecer un grupo con influencia mundial, en la formación de veterinarios especializados en aspectos de la infertilidad y la técnica de IA.

En Italia Bonadonna trabajó en mejorar la IA en varias especies. Su entusiasmo por el valor potencial de la IA, junto al sueco Lagerlof, dio lugar al establecimiento del primer Congreso Internacional de IA y Reproducción Animal, celebrado en 1948 en Milán. Como

reflejo de la personalidad de Bonadonna, en un comentario de un profesor sobre la extraordinaria belleza de las obras de arte renacentista de Milán, Bonadonna le contestó: “Es así, pero recuerda que el futuro requiere que no pases demasiado tiempo soñando con el pasado”. En este Congreso la comunidad científica unifica los dos términos que se venían utilizando para referirse a esta técnica, por una parte la “fecundación artificial” utilizado en Italia, Francia, Portugal y España, y el de “inseminación artificial” empleado en Rusia y países anglosajones. Quedando este último término como el definitivo.

En el Reino Unido, Christopher Polge trabajó en el *Animal Research Station of Cambridge*, logró grandes avances en la conservación del semen refrigerado y congelado del ganado. Fue cofundador y director del *Animal Biotechnology of Cambridge*. Tuvo numerosas condecoraciones de gran prestigio por los avances conseguidos en la reproducción animal.

Siendo estudiante de doctorado descubrió casualmente¹ el efecto crioprotector del glicerol para proteger los espermatozoides sometidos a bajas temperaturas (Polge *et al.*, 1949).

Este descubrimiento supuso un avance muy importante para la conservación de los espermatozoides a bajas temperaturas, y favorecer el establecimiento de programas de IA. Consiguió los primeros pollitos conseguidos a partir de huevos fecundados con semen congelado. Aportando también resultados de un alto porcentaje de gestación en ganado después de ser inseminados con semen crioconservado.

1 En 1948 el grupo de investigación bajo la dirección de AS Parkes estaba intentando crioconservar espermatozoides. El diluyente que utilizaban tenía como base la fructosa. Polge se unió al grupo de trabajo, aplicando esta metodología en las pruebas que desarrollaba. Los resultados obtenidos no tenían éxito. En una jornada de trabajo tomó una botella etiquetada “levulosa” (es otro término para referirse a la fructosa), siguiendo su protocolo de trabajo diluyó el semen en este preparado, y su sorpresa es que esta vez los espermatozoides una vez descongelados manifestaban una buena motilidad. Posteriormente vieron que en una solución recién preparada de levulosa no conseguían viabilidad espermática. En un principio pensaron que el efecto positivo conseguido podría ser por el envejecimiento de la solución, no teniendo éxito tras probarlo. Utilizando una pequeña cantidad de la solución de la botella original, y accidentalmente se derramó en un componente metálico caliente, con la ayuda de un compañero que era químico a través del olor que producía el compuesto reconocieron que el compuesto que contenía era la acroleína, con un análisis posterior se comprobó la presencia de albúmina y glicerol que era utilizado para preparaciones histológicas. Más tarde se pudo descubrir que un técnico encontró en la nevera etiquetas despegadas, y al volver a ponerlas las cambió de botella.



Christopher Polge
(1926-2006)

En España las primeras referencias en el empleo de la IA datan del siglo XIX. En 1859 en la Escuela Profesional de Veterinaria de Zaragoza en el trabajo dirigido por Anastasio Ortiz de Landázuri y ejecutado por el profesor Pedro Martínez Anguiano, se tuvo éxito en una gestación de una perra inseminada. En 1905 Marcelino Montón Cardós realizó la primera inseminación en yegua en la Yeguada Militar de Córdoba, patentó un preservativo para la recogida de semen. Fue en esta especie por la importancia que tenía en aquellos tiempos, donde se centra más atención de estudiarla (referenciado por Moreno Fernández-Caparrós, 2001).

En 1935 Domingo Carbonero Bravo Veterinario Militar y del Cuerpo Nacional Veterinario con formación en laboratorio y con experiencia clínica se forma en las técnicas de reproducción animal con el profesor Goëtze en Hannover (Alemania). Por otra parte, en 1940 Esteban Ballesteros Moreno Director de la Estación Pecuaria de León asiste a un curso del Instituto Lázaro Spallanzani de Italia. Estos dos investigadores se pueden considerar los artífices de la implantación de la IA de forma intensiva en la ganadería de España. Su implantación se vehiculó a través de la Sección de Inseminación Artificial Ganadera dentro de la Dirección General de Ganadería. En 1941 se comienzan a inseminar ovejas Karakul en la Estación Pecuaria Central y en el Centro del Pardo, por otro lado Ballesteros en 1943 crea el primer curso de IA en el Instituto de Biología Animal (IBA).

En 1945 se reglamenta la práctica de IA en ganadería por orden de 30 de agosto de 1945 (BOE 9 de septiembre). En 1947 se crea el Instituto de Inseminación Artificial Ganadera (IIAG), dependiente de la Dirección General de Ganadería, nombrándose a Domingo Carbonero Director General. Este centro tenía el encargo de investigar, aplicar y enseñar esta tecnología a través de las Estaciones Pecuarias que existían desde 1931.



Domingo Carbonero Bravo
(1911-1986)



Esteban Ballesteros Moreno

En 1952 se crea el Patronato de Biología Animal, englobando al IBA y al IIAG. En el año 1971 como resultado de la fusión del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, el Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y el Patronato de Biología Animal, se crea el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), que tomo el testigo para orientar y coordinar la investigación científica y técnica para favorecer la utilización de la IA.

Gracias al gran interés y la transmisión realizada por distintos grupos de trabajo procedentes fundamentalmente de las Estaciones Pecuarias, se alcanza una enorme pujanza pues llegan a estar autorizados en 1960 en España, una gran cantidad de Centros de IA con diferentes categorías y titularidad, lo que hace necesarias unas Normas Reguladoras de la Reproducción, que se aprueban por Decreto 2499/1971 (que se mantuvo en vigencia hasta la publicación del Real Decreto 841/2011).

5. IMPLANTACIÓN DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN GANADO PORCINO EN ESPAÑA

En un principio el desarrollo histórico de la IA en ganado porcino no tuvo prioridad respecto a otras especies ganaderas. Los grupos de trabajo especializados en reproducción enfocaron más su atención en especies con mayor interés en los tiempos que se vivían. El ganado equino jugaba un papel crucial por su aprovechamiento en trabajos agrícolas, medios de locomoción, inclusión en cuerpos militares, y alimentación; el vacuno en algunos casos también ejercía labores agrícolas, pero fundamentalmente su interés estaba en la producción láctea y cárnica; el ganado ovino además de la carne y leche, se añadía la producción de lana que gozaba un papel estratégico, como fuente de suministro para la elaboración tejidos. La cría del cerdo se efectuaba a nivel doméstico, para el aprovechamiento de subproductos domésticos y agrícolas en su alimentación, por lo que su cría no era tan concentrada, y su destino productivo era únicamente la obtención de productos cárnicos, con una singularidad diferenciadora y cotizada, el suministro de grasa.

Los primeros trabajos que utilizaron mayor número de animales se llevaron a cabo por parte de Ivanov (Ivanov, 1907; Ivanov, 1922), posteriormente su discípulo Milanov (1938) los amplió. Entre los avances conseguidos destaca la utilización de maniquís para facilitar recogida del eyaculado, se diseñó también un diluyente para mantener conservado el semen entre 7 a 12°C, la viabilidad que consiguieron fue de un corto período de tiempo.

En Estados Unidos McKenzie (1931) fue el iniciador del desarrollo de la IA en porcino en este país, formó a destacados científicos. En Japón Ito *et al.*, (1948) fue el primer científico que recomendó la temperatura de conservación del semen de verraco fuese de 15°C a 20°C. En el Reino Unido Polge (1956) adaptó los diluyentes de conservación por refrigeración fosfato-yema de huevo, citrato-yema de huevo, o la utilización de leche descremada utilizados en ganado vacuno y ovino, para ser utilizados en semen de porcino.

A partir de 1949 una vez descubierto el glicerol como crioprotector, se estableció una técnica bastante exitosa para criopreservación de ganado vacuno, (Nishikawa, 1964; Graham, 1978; Iritani, 1980; Johnson y Larsson, 1985). En los espermatozoides de porcino

se apreció una gran sensibilidad a las bajadas de temperatura, que no permitía buena viabilidad del semen una vez era descongelado. A pesar de realizar grandes esfuerzos y modificaciones en las metodologías de crioconservación, no se ha llegado a obtener buenos índices de fertilidad y prolificidad de forma repetitiva. Esta limitación del semen de porcino, repercutió en enfocar gran parte de los trabajos en la conservación del semen por refrigeración.

En la década de los 60 comienzan a desarrollarse los programas de producción intensiva en ganado porcino. Su implantación determinan cambios estructurales profundos en todos los ámbitos que componen todo el sistema productivo: instalaciones, alimentación, genética, sanidad, manejo y reproducción. La IA como técnica que puede alcanzar un gran avance genético en los programas de producción, comienza a tener mayor interés para su utilización. El primer país en incluirla en grupos productivos, fue la antigua Unión Soviética, un avance que supuso su planteamiento, fue el diseño del diluyente Kiev que permitía la conservación por refrigeración a 15°C, durante 2 a 3 días, tiempo suficiente para efectuar el transporte de las dosis seminales de los centros de producción a las granjas donde se efectuaban las inseminaciones. Aún consiguiendo resultados reproductivos inferiores a los obtenidos con monta natural, consideraban de interés la técnica por la mejora genética que aportaba. Posteriormente Holanda y Alemania en los años 70 a través de su estructura cooperativista, implantan la técnica en un número importante de cerdas para difundir sus programas genéticos. Los resultados obtenidos llegan a igualar a los de monta natural. En Holanda las casas de genética holandesas difunden la IA en granjas de otros países.

En nuestro país las primeras incursiones que determinaron el empleo de la IA de forma rutinaria, fueron a través de programas genéticos holandeses, en un número muy reducido de granjas. A principios de la década de los 80 el grupo de porcino del Departamento de Reproducción Animal del INIA encabezado por el Doctor Santiago Martín Rillo, inicia una serie de trabajos que tendrían un papel fundamental en el desarrollo de la IA en nuestro país. Se efectuaron trabajos que tenían como objetivos conocer el comportamiento de los verracos frente al potro de recogida, mejorar la conservación de las dosis seminales, valorar las condiciones de trabajo que se deben realizar durante la elaboración de las dosis, factores que intervie-

nen en la detección del estro y la aplicación de la dosis seminal a la cerda. Con los avances técnicos obtenidos se logró desarrollar un sistema de trabajo propio, con una alta eficacia en cuanto a resultados reproductivos conseguidos, y a la vez, no suponía complejidad en su implantación y desarrollo. Otro grupo destacado que ayudó a impulsar la técnica ha sido el formado en Reproducción Animal del Departamento de Medicina y Cirugía Animal de la Facultad de Veterinaria de Murcia, encabezado por el Dr. Emilio Martínez García, sus trabajos han alcanzado un gran reconocimiento nacional e internacional, consiguiendo avances tan importantes como el diseño de la inseminación post-cervical, la preselección del sexo por la separación de espermatozoides X e Y, y la aplicación a nivel de granja de la transferencia embrionaria con embriones vitrificados. En la actualidad existen grupos de trabajo en universidades, centros de investigación y empresas especializadas en la comercialización de productos destinados a la IA, que han logrado avances tan importantes como el desarrollo de programas informáticos que permiten realizar valoraciones de la funcionalidad espermática, equipamiento especializado para el procesamiento de las dosis seminales, sistemas de aplicación, diluyentes, etc.

6. EVOLUCIÓN DE LOS DILUYENTES UTILIZADOS EN LA CONSERVACIÓN DEL SEMEN PORCINO REFRIGERADO

El diluyente utilizado para la conservación del semen refrigerado es una composición química que da equilibrio fisiológico al conjunto de espermatozoides y plasma seminal, que permite mantener la capacidad fecundante de los espermatozoides desde su recogida hasta el momento de su aplicación en el tracto genital de la hembra. Para alcanzar este cometido es necesario mantener la integridad y funcionalidad celular, reducir su actividad metabólica e impedir el desarrollo de microorganismo contaminantes. Por otra parte, el diluyente aporta el volumen necesario a las dosis seminales para que puedan vehicular la concentración espermática adecuada en la inseminación, este efecto dilución puede provocar descompensaciones iónicas y proteicas que deben ser controladas por el propio diluyente.

El primer medio de conservación empleado para diluir el semen de porcino lo diseñaron en Rusia (Milanov, 1932), tenía una composi-

ción salina sencilla y su capacidad de conservación estaba limitado a unas horas.

Posteriormente se aplicaron diluyentes de refrigeración que se estaban utilizando en ganado vacuno, la base de su formulación era el empleo de compuestos biológicos como la yema de huevo o leche (Polge, 1956), tenían como inconveniente su preparación laboriosa y la facilidad de contaminarse. En esta línea el diluyente IVT (*Illinois Variable Temperature*) diseñado en 1958 por du Mesnil du Buisson, se transfirió también su uso de ganado bovino a porcino, para lograr que fuese eficaz era necesario estabilizar el pH gaseando el medio con CO₂ antes de su utilización.

El primer medio de conservación utilizado de forma masiva fue el diluyente Kiev, desarrollado por Plisko en 1965. Se utilizó en la antigua Unión Soviética y países de su influencia, como innovación que presentaba su fórmula, era la incorporación de un compuesto quelante para bloquear la acción de iones con influencias negativas en la conservación, tal es el caso de los iones Ca⁺⁺, Fe⁺⁺ y Cu⁺⁺, el primero induce reacción acrosómica prematura, y los dos últimos oxidación lipídica de membrana. Este medio permitía mayor conservación respecto a los diluyentes que existían en aquel momento, y en nuestro país llegó a utilizarse en los años 80. Su fórmula sirvió de modelo para creación de otros diluyentes: el EDTA, Merck I y Guelp.

Posteriormente y como consecuencia de trabajos de investigación para conseguir diluyentes de descongelación en semen crioconservado de verraco, Pursel y Jhonson desarrollan en 1975 el medio BTS (*Beltsville Thawing Solution*), posteriormente fue adaptado para su utilización con semen refrigerado (Jhonson *et al.*, 1988). Con este diluyente se desarrolló la técnica de IA en muchos países, en la actualidad se usa con bastante frecuencia, bajo distintos nombres comerciales. Como característica particular en su composición se aporta una pequeña cantidad de potasio, que permite mantener funcional la actividad de la bomba sodio-potasio en membrana plasmática del espermatozoide, favoreciendo la viabilidad espermática (Álvarez y Storey, 1983).

En las décadas de los 70 y 80 se inicia un gran crecimiento del uso de la IA en Holanda, España y Alemania. Los diluyentes aplican fórmulas más complejas, comienzan a incluir tampones zwiterioni-

cos que permiten mayor control del pH, y compuestos que protegen la integridad de la membrana plasmática, y la estabilidad de la cromatina, entre estos caben destacar diluyentes hipotónicos como el Zorlesco (Gottardi *et al.*, 1980), Módena (Moretti, 1981) ambos originarios de Italia, y el MR-A (Martín Rillo, 1984) en España. Otra línea de diluyentes entre los que cabe destacar el Zorpva (Cheng, 1985) y Reading (Revell and Glossop, 1989), aportan en sus fórmulas macromoléculas que tienen un efecto positivo en la estructura del acrosoma, pero tienen como inconveniente que son excesivamente caros. Otro diluyente que aportó novedades fue el Androhep (Weitze, 1990), como principal característica fue la adición de BSA (*Bovine Serum Albumin*), esta albúmina mejora el efecto dilución, compensando la pérdida de proteínas, y de esta forma mejora la motilidad espermática. El uso de la BSA tiene como inconvenientes su coste elevado, y al ser un producto de origen biológico su funcionalidad puede ser variable. En 1994 Sánchez Sánchez y García Casado desarrollan el diluyente Acromax.

Hoy en día existe una amplia gama de diluyentes con distintos nombres comerciales, en algunos casos se parten de formulaciones conocidas con variaciones en la composición de antibióticos.

A partir de la década de los años 80 se inició una clasificación de los diluyentes según su capacidad de conservación, dividiéndolos en diluyentes de corta y larga conservación. Esta denominación es empleada en el ámbito científico y comercial. A este respecto es necesario aclarar que esta denominación no es totalmente correcta, si bien existen diferencias de conservación entre diluyentes, por su formulación, calidad de materias primas, condiciones de fabricación, estabilidad de la formulación, antibióticos utilizados, etc., la terminología empleada puede ser imprecisa, ya que la conservación del semen por refrigeración no depende exclusivamente del diluyente, existen otros factores que son también determinantes, como son la calidad intrínseca del eyaculado y las condiciones a las que han sido sometidas durante el proceso de elaboración de la dosis seminal. Estas circunstancias pueden desencadenar que un diluyente clasificado de larga conservación en malas condiciones, puede mantener una reducida o nula conservación; y a la inversa diluyentes clasificados como corta conservación, en condiciones favorables tengan conservación prolongada.

7. CLAVES DEL ÉXITO DEL ESTABLECIMIENTO DE LA INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LOS ESQUEMAS PRODUCTIVOS

Una característica de la implantación de la IA en los núcleos de producción porcinos de nuestro país, ha sido el crecimiento exponencial que ha tenido a lo largo de los años. En la actualidad los niveles de su uso son del casi del 100% en sistemas de producción intensiva.

Las claves del éxito de esta técnica están basadas en los beneficios que aportan a las explotaciones ganaderas, que básicamente se pueden resumir en mejoras productivas y económicas. Para analizar de forma detallada los factores que han intervenido en este desarrollo, hay que diferenciar distintos períodos que se han ido sucediendo en el tiempo.

7.1. IMPLANTACIÓN DE LA TÉCNICA DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL EN LAS PROPIAS GRANJAS

Cuando se comienza a utilizar la IA en granjas de porcino, la metodología y equipamiento empleado en los CIAs guardaba bastante similitud con la técnica utilizada en ganado vacuno, este hecho determinaba desajustes en algunas fases de la metodología. El requisito prioritario que demandaban los ganaderos para que la técnica fuera implantada en su explotación, era al menos igualar los resultados reproductivos obtenidos con monta natural. Para lo cual se modificó la técnica en los siguientes aspectos:

- Diseño de potros y salas de recogida más operativos, para facilitar el proceso de recogida de los eyaculados.
- Se dejan de utilizar vaginas artificiales, en su sustitución se emplea la metodología de recogida con mano enguantada, que permite la diferenciación y separación de las fracciones del eyaculado.
- En la conservación por refrigeración se descarta la utilización de componentes biológicos como la leche, y yema de huevo. Estos productos resultan más contaminantes y con respuestas más heterogéneas respecto a los compuestos químicos.
- Se realizan trabajos para optimizar la manipulación del semen en laboratorio. Entre los factores que se estudian están las tem-

peraturas de trabajo, grado de dilución semen-diluyente, técnicas de valoración seminal, normas higio-sanitarias de manipulación, condiciones de conservación y transporte.

El esquema que se empleó para establecer la técnica, consistió en instaurar pequeños centros de inseminación artificial (CIAs) en los propios núcleos de producción. Las dosis seminales producidas tenían como destino su autoconsumo, y el personal de la propia granja se encargaba de desarrollar la metodología, para lo cual se trabajó muy activamente en desarrollar programas de formación para técnicos y operarios de granja. Los CIAs aislados de explotaciones y con suministro de dosis a varias granjas, en esta fase eran muy escasos.

La capacidad que tiene la técnica para difundir los esquemas genéticos en períodos cortos de tiempo, jugó un papel crucial en su implantación. En un principio, la raza que fue más empleada en los CIAs fue la Blanco Belga, posteriormente se incorporó la raza Pietrain. Estos animales poseen una conformación cárnica muy desarrollada, alcanzando su descendencia muy buenos rendimientos cárnicos, en aquel entonces este tipo de animales suponían compensaciones económicas importantes por parte de los mataderos. Como contrapartida su utilización para efectuar monta natural creaba problemas, debido al gran tamaño y peso de estos animales respecto a las hembras, mientras que en IA no presentaba este problema.

También se pudo comprobar que el empleo de la IA podía alcanzar resultados superiores a los conseguidos con monta natural. Esta realidad tiene su fundamento en la capacidad que tiene la técnica de IA, para clasificar los eyaculados según su calidad espermática, pudiendo desechar aquellos que presenta algún tipo de patología seminal. Existen multitud de etiologías que inducen alteraciones en la calidad de los eyaculados, algunas de ellas se presentan con frecuencia, como son los casos de las altas temperaturas durante el período estival, procesos febriles en situaciones patológicas, intoxicaciones, algunas vacunaciones, cojeras, etc.

Un cambio que supuso una mejora muy apreciada por parte del personal de las granjas, fue la posibilidad de establecer lotes con mayor número de animales gracias a la gran capacidad de que tiene la IA para cubrir cerdas respecto a la monta natural. Este hecho favorece la programación del trabajo a lo largo del ciclo productivo, y la

optimización de uso de las instalaciones en cada fase. Otra ventaja muy bien valorada por parte de los operarios, es que su utilización facilita realizar destetes de cerdas concentrados durante la semana (por lo general los jueves), de esta forma se puede evitar el trabajo de cubriciones durante el fin de semana.

7.2. ESTABLECIMIENTO DE LA TÉCNICA EN GRANDES CENTROS DE INSEMINACIÓN ARTIFICIAL

Una vez quedó instaurada la IA en un porcentaje alto del censo, la demanda de dosis seminales se incrementó notablemente, modificando la configuración de los CIAs en cuanto a tamaño y funcionamiento.

Se construyen nuevos centros de inseminación totalmente aislados de las granjas, y a la par los centros que se instauraron en la época anterior en las propias granjas fueron desapareciendo. El número de verracos que disponen se incrementa notablemente, y la cobertura de hembras que pueden llegar a cubrir es muy alto, pudiendo llegar en algunos casos alcanzar 50.000 reproductoras un solo CIA. Se consiguen cotas muy altas de producción de dosis seminales, que precisan nuevos sistemas de trabajo en el laboratorio, material, distribución de tareas para los operarios, y estrategias para el reparto de las dosis a las explotaciones ganaderas.

Se pone especial atención en las medidas higio-sanitarias en el funcionamiento del CIA, tanto para los reproductores, como para todo el sistema de producción y distribución de las dosis seminales. Las contaminaciones de las dosis seminales y la aparición de procesos infecciosos de los animales, además de inducir fallos reproductivos importantes, pueden llegar a desencadenar cierres sanitarios. Entre las medidas que se toman para evitar estas situaciones, se establecen controles de entradas de personal, material y animales. Se crean protocolos de actuación a los operarios, se les exige cambios de ropa, duchas antes de comenzar la jornada de trabajo, e incluso se controlan sus visitas a otras instalaciones ganaderas. Los CIAs son regulados sanitariamente por el RDI 186/2006 por el que se establecen las bases del plan de vigilancia sanitaria serológica del ganado porcino, uno de sus requisitos es que se deben efectuar diversos chequeos serológicos periódicos para comprobar su estado sanitario.

Se mejoran las condiciones en las que se encuentran los verracos. Entre las medidas que se toman destacan las condiciones medio ambientales, donde se controla la temperatura instalando equipos de climatización y ventilación, se fijan fotoperiodos a lo largo de todo el año, para evitar oscilaciones de calidad a lo largo del año. Las verraqueras se diseñan con superficies adecuada para facilitar los movimiento de los animales y evitar lesiones podales. Se diseñan instalaciones con separaciones entre verraqueras que permitan contacto visual con otros animales. En alimentación se crean formulaciones específicas para verracos reproductores, hasta entonces por el bajo número de machos que existían en las explotaciones estaba supeditado a las dietas que recibían las cerdas gestantes.

A nivel de mercados se inician las exportaciones de productos cárnicos del cerdo a países intracomunitarios y países terceros, que amplían los requerimientos solicitados en el mercado nacional. Para cubrir estas necesidades, los CIAs se abastecen de animales de diversas genéticas y/o líneas comerciales. A la nominación de centros de inseminación se le añade el calificativo de “multigenéticos”.

7.3. MEJORA DE COMPETITIVIDAD

En este período se llega a vivir algún período de crisis, provocados fundamentalmente por la subida de precios de las materias primas de los piensos, y también por la pérdida de algún mercado exterior como fue el ruso por la situación política entre este país y la Comunidad Europea. Estas etapas fueron decisivas para que algunos grupos ganaderos no pudieran soportar grandes pérdidas económicas, ocupando su lugar otras corporaciones, que determinó que el censo de ganado no disminuyese en ningún momento. En los últimos años se ha vivido un período de estabilidad, con un incremento progresivo de exportaciones, que generan rendimientos importantes en los sistemas productivos.

En el censo oficial del MAGRAMA se aprecia una disminución del censo de verracos año tras año, a pesar de existir una tendencia de incremento de cerdas reproductoras. A la inversa de lo que sucede en el censo, el precio de los verracos se ve incrementado cada año, alcanzando en la actualidad un valor medio aproximado de 2.500 euros por reproductor.

El grado de competitividad de los centros de inseminación se convierte en crucial para poder mantenerse en este macro-mercado, apreciándose incluso, que los precios de la dosis seminales en España están por debajo a los ofertados en el resto de los países europeos.

Los sistemas de producción de dosis seminales se tecnifican bastante a distintos niveles. Entre estos avances caben destacar:

- Aplicación de sistemas de filtrado de aire y presiones negativas en las instalaciones de los CIAs, para evitar la entrada de agentes infecciosos que puedan transmitir enfermedades a los reproductores, y contaminaciones en los circuitos de producción de dosis seminales.
- Diseño de nuevas tecnologías para favorecer la producción de un número alto de dosis en períodos cortos de tiempo. Entre los avances conseguidos en esta línea, destacan la automatización de recogidas de verracos y los sistemas de envasado de las dosis seminales.
- Empleo de programas informáticos para valorar la calidad seminal, y la trazabilidad de producción de las dosis seminales. Entre los parámetros que cuantifican están la motilidad y morfoanomalías espermáticas.
- La utilización de la IA post-cervical permite depositar la dosis seminal más profundamente en el aparato genital de la cerda, y así reducir el número de espermatozoides por dosis (Martínez *et al.*, 2002). Es una técnica que está bastante extendida, ya que potencia notablemente la difusión genética.

En lo referente a legislación los CIAs han tenido que adaptarse a las siguientes normativas: Real Decreto 841/2011, que hace referencia a la normativa legislativa que deben cumplir los centros de recogida, almacenamiento, distribución y comercialización de material genético en diversas especies animales incluido el porcino; Real Decreto 342/2000 que regula el tratamiento de residuos para no afectar a las condiciones medioambientales; Real Decreto 1135/2002 donde se controlan las condiciones de bienestar animal que deben tener los verracos.

Un factor que ha cambiado notablemente los sistemas de producción, y como consecuencia la reproducción e IA, ha sido la aparición de genéticas hiperprolíficas. Su utilización ha determinado el aumento notable del número de lechones nacidos por camada. Este avance genético ha supuesto que la descendencia de los verracos de los CIAs aumente notablemente, dándoles mayor competencia en los resultados que obtienen en los esquemas productivos.

8. VALOR ESTRATÉGICO DE LOS VERRACOS UTILIZADOS EN IA

La responsabilidad que ha ido adquiriendo los verracos de los CIAs sobre la productividad de las explotaciones ganaderas, se ha acentuado de acuerdo a condiciones de competitividad de los propios CIAs, y a diversos avances tecnológicos que han posibilitado el incremento de la descendencia que puede alcanzar cada reproductor. Entre las condiciones que han originado este proceso, destacan el incremento de dosis seminales, por la necesidad de los CIAs de trabajar exclusivamente con verracos que produzcan un mínimo de dosis para mantener su rentabilidad. Entre los avances científicos destacan el empleo de la inseminación pos-cervical que supone una reducción espermiática por dosis seminal, también el establecimiento de programas genéticos hiperprolíficos que han permitido obtener una media a nivel nacional de 12,5 lechones por parto, llegando a alcanzar en Dinamarca una media de 14,5. En estas condiciones el rango de producción de un verraco oscila entre 5.000 a 18.000 lechones por año. Con estas cifras, la mala elección de un verraco en un CIA, puede tener consecuencias impredecibles para el rendimiento económico de las explotaciones de ganado porcino.

Cuando nos planteamos los requisitos que deben cumplir los verracos para alcanzar y mantener el estatus de reproductor, se debe considerar distintos factores desde que nace el animal, hasta el final de su vida productiva. Antes de iniciar su fase productiva, se deben recopilar datos procedentes de las casas de genética de origen, que nos posibiliten el acceso a datos productivos, genéticos y sanitarios que sean satisfactorios para el CIA que los recibe. Posteriormente a lo largo de su vida productiva se efectuarán controles periódicos, que permitirán controlar bajadas de productividad, además de indicar-

nos cuando los animales deben ser retirados por no cumplir con los requisitos exigidos.

Entre los controles que se deben tener en cuenta, destacan:

- Antes que los verracos inicien su vida productiva, se deben efectuar valoraciones que determinen la ausencia de cualquier alteración genética, que implique bajadas productivas y económicas, o su transmisión a su descendencia. Dentro de esta línea destacan los siguientes controles: cumplimiento de los estándares genéticos de la raza o línea genética con la que se trabaja; ausencia de genes que impliquen la presencia de alteraciones genéticas a la descendencia, como pueden ser problemas de hernias, presencia de *splayleg* o síndrome de lechones con patas abiertas, problemas de piel, etc.; así mismo, no ser portador de alteraciones cromosómicas en su cariotipo, en ganado porcino fundamentalmente la presencia de translocaciones recíprocas, ya que provocan reducciones importantes del tamaño de camada, y en algunos casos también pueden provocar bajadas de fertilidad, y presencia de lechones con distintas alteraciones al nacimiento (Sánchez-Sánchez et al. 2016). En nuestros trabajos hemos apreciado que este tipo de alteraciones se presentan con una incidencia del 3,6% en los reproductores analizados en nuestro país.

- Para que las dosis seminales de un CIA puedan ser utilizadas en explotaciones ganaderas, el estado sanitario del CIA debe cumplir los requisitos sanitarios legislativos nacionales, e internacionales en el caso de exportaciones a países terceros, en concreto el Real Decreto 841/2011.

- El verraco debe mantener una condición fisiológica y corporal adecuada para mantener una función reproductiva óptima. Además de mantener unas condiciones generales saludables se controla con atención:

- El estado de los aplomos, valorando deformaciones y asimetrías de las extremidades, estado de las pezuñas, marcha del animal, varices y posibles lesiones o traumatismos.
- En el aparato genital, se deben aplicar técnicas exploratorias externas y la utilización de ultrasonografía que permita diagnosti-

car cualquier alteración a nivel testicular, de próstata, vesículas seminal, glándula de Cowper, pene y divertículo prepucial.

- La valoración del comportamiento de los verracos juega un papel importante en su función reproductiva, ya que en algunos casos la falta de libido, ha determinado que animales con alto valor genético y económico no han podido utilizarse por falta de libido. Para cuantificar el comportamiento se deben valorar las respuestas de los animales, durante el cortejo y acoplamiento al potro de recogida. Otro comportamiento que debe tener en cuenta es la manifestación de agresividad de los animales, ya que la presencia de este comportamiento ralentiza la recogida, además de implicar peligros para los operarios de los CIAs.

- Cada eyaculado debe ser analizado de forma que quede comprobada su capacidad fecundante. Por una parte se efectúa un control cuántico que nos permita conocer el número de dosis seminales que se pueden realizar, y posteriormente se valora la funcionalidad y estructura celular de los espermatozoides. De las técnicas microscópicas clásicas que se han venido utilizando se ha evolucionado al empleo de programas informáticos que analizan imágenes, en el caso del semen se valoran tipos de motilidad espermática, velocidades e índices cinéticos, además de diversas características morfológicas de los espermatozoides. Estas metodologías permiten obtener valores objetivos empleando tiempos muy reducidos. Otra técnica que se está utilizando es la valoración de la calidad seminal por citometría de flujo, su uso permite valorar en segundos un número muy elevado de células (entre 10.000 y 100.000), que previamente han sido marcadas con distinto fluorocromos, para cuantificar distintos parámetros funcionales y estructurales. Por ahora su uso está muy extendido en laboratorios de investigación, mientras que apenas se utilizan en los laboratorios de los CIAs por su elevado precio, pero sin duda en un futuro cercano llegarán a los laboratorios de los CIAs.

La rentabilidad de los verracos en los CIAs se establece por el número de dosis seminales que producen anualmente. Este parámetro puede ser variable según su raza, edad, períodos de tiempo, etc. No cabe duda, que en países con grandes censos y con gran difusión de la técnica, se alcanza un grado de exigencia mayor, y se puede ha-

blar que un verraco para mantener rentabilidad en un CIA aplicando las técnicas tradicionales, debe alcanzar un mínimo de 1.500 dosis anuales (Vicente Gil, 2016). Por otra parte, el rendimiento productivo de los reproductores en granja, puede resultar más complicado su cálculo por la diversidad de variables que se pueden presentar entre granjas, además del uso de dosis heterospermicas, o la utilización de dosis de distintos reproductores en el mismo estro de una cerda.

9. OBJETIVOS DE FUTURO PLANTEADOS EN LA IA

Según informes de la FAO para el año 2050 se estima un incremento de la población mundial en más de un tercio de la existente en la actualidad, con la peculiaridad que el 70% se mantendrán en áreas urbanas. Con estas cifras se prevé unas necesidades importantes de alimentos en la población. Las características productivas del ganado porcino pueden alcanzar índices de conversión bajos con ciclos productivos cortos, que posibilitan ofrecer al consumidor precios reducidos, manteniendo una calidad alta de sus productos ya sean frescos o transformados. Estas cualidades permiten según datos de la FAO que la carne de cerdo sea la más consumida a nivel mundial, con 16,2 kg por habitante y año, respecto a los 15,2 kg de pollo y 9,4 de ganado vacuno. Sin duda en este reto demográfico planteado para el futuro, la IA también mantendrá su papel estratégico. Por otra parte, una aplicación totalmente distinta a la productiva que está teniendo cada vez más relevancia en la cría de ganado porcino, es su uso en experimentación animal como modelo de estudio de enfermedades en el hombre, obtención de órganos para efectuar xenotrasplantes, producción de fármacos, etc. Esta situación plantea a la biotecnología reproductiva nuevos retos tecnológicos para mejorar y ampliar su potencial productivo y genético. Entre los que podemos destacar:

9.1. APLICACIÓN DE UNA ÚNICA INSEMINACIÓN POR ESTRO

En los últimos años uno de los objetivos más buscado para optimizar la técnica de IA, ha sido potenciar la capacidad genética de los verracos. Para lo cual se ha trabajado por una parte, en la aplicación de la inseminación post-cervical que conseguido duplicar su rendimiento. Por otra parte, se están realizando trabajos para reducir el número de dosis seminales utilizadas en el estro de la cer-

da. Para alcanzar este objetivo, se trabajan en dos líneas de investigación distintas: la utilización de tratamientos hormonales para sincronizar la ovulación, y la encapsulación de semen que permite la liberación secuenciada de espermatozoides en el aparato genital de la cerda.

9.1.1. Sincronización de la ovulación

La sincronía de los gametos masculino y femenino durante la fecundación, está determinado por el momento que se realizan las inseminaciones respecto a la ovulación de la cerda. Cuando se asegura que los ovocitos generados durante la ovulación disponen de espermatozoides viables, garantizamos el proceso de fecundación, y la sincronía de crecimiento de los embriones en primeros estadios. Un mal manejo en la aplicación de las dosis seminales respecto al momento de ovulación, no solamente reduce el porcentaje de fertilidad, sino también el tamaño de camada (Soede *et al.*, 1995; Rozeboom *et al.*, 1997). En varios trabajos se ha observado que la fertilidad máxima se alcanza cuando las hembras son inseminadas dentro de un rango de 28 horas antes de la ovulación a 8 horas después de la ovulación (Kaoket *et al.*, 2005), que generalmente sucede en el último tercio de la duración del estro.

Sí el momento de ovulación se pudiese apreciar de forma precisa, la aplicación de una sola inseminación por estro podría ser efectiva para conseguir los objetivos de fertilidad y prolificidad (Steverink *et al.*, 1997), pero como el tiempo de ovulación puede tener variaciones, las granjas utilizan dos inseminaciones por estro; aunque se ha comprobado, que utilizando tres cubriciones por estro no llegan a mejorar los resultados reproductivos (Brussow *et al.*, 2009; Martinat-Botte *et al.*, 2010).

En la cerda existe una gran variación en la duración del estro, y en el inicio de la ovulación respecto al estro (Waberski *et al.*, 1994). Este comportamiento está supeditado a multitud de factores intrínsecos y extrínsecos de la cerda. Uno de los objetivos para evitar este riesgo, ha sido controlar el momento y la duración de la ovulación a través de diversos tratamientos (Almeida *et al.*, 2000). Entre los métodos que se han utilizado para predecir cuando sucede la ovulación, ha sido la valoración del pico de LH previo a la ovulación, y la utilización de la ultrasonografía para efectuar una exploración de los

ovarios. El primer método no es aplicable al manejo de la granja, y el segundo no es habitual debido a la necesidad de disponer equipos de ultrasonografías con alta resolución de imagen, y el mal manejo para practicar su exploración en un número elevado de animales en condiciones de granja.

La sincronización de la ovulación permite realizar una inseminación fijada, y así facilitar la presencia de sus espermatozoides durante todo el período de ovulación (Driancourt *et al.*, 2013). En protocolos con cerdas multíparas sin tener referencia la detección de celo, el tiempo de aplicación hormonal se define en función del momento del destete (retirada de lechones de la cerda). Las hormonas más utilizadas para inducir la ovulación son la buserelina (Driancourt *et al.*, 2013) y triptorelina (Knox *et al.*, 2014) en ambos casos actúan como análogos de la GnRH. Para efectuar el tratamiento en cerdas nulíparas se tiene en cuenta la finalización del tratamiento de sincronización de celos con progestágenos, y posteriormente se aplican también análogos de la GnRH (Degenstein *et al.*, 2008, Martinat-Botte *et al.*, 2010).

9.1.2. Aplicación de dosis con semen encapsulado

La encapsulación es un sistema donde una matriz que contiene un principio activo se recubre con una membrana semipermeable capsular. Su finalidad es proteger el principio activo del medio externo, y así mantener íntegra su actividad durante el mayor tiempo posible. Una propiedad que puede ofrecer de gran interés en distintos campos de aplicación, es la capacidad de liberar gradualmente los compuestos que se encuentran en la matriz de la cápsula, este fenómeno permite una cesión gradual, continua, o en forma de impulsos del principio activo, regulado por distintas condiciones físico-químicas. Estas propiedades ofrecen gran utilidad en la industria química, farmacológica, agrícola, cosmética, alimentación, entre otras. En el campo de la biotecnología se ha utilizado para encapsular suspensiones de material biológico activo, como han sido células o tejidos orgánicos, creando lo que se denominan órganos bioartificiales. Su utilización permite el tratamiento de enfermedades del sistema nervioso central, endocrinas, cáncer e inmunitarias.

En reproducción se inició a encapsular semen en ganado vacuno en 1985 por parte de Nebel. En porcino la encapsulación seminal ofrece unas propiedades de gran interés, que pueden cambiar algunos de los conceptos básicos utilizados habitualmente en esta técnica. La formación de la matriz de la cápsula se realiza con polímeros naturales biocompatibles con la célula espermática, donde quedan atrapados, provocándoles su inmovilización sin que suponga daño a su estructura y funcionalidad. Por otra parte la membrana que forma la cápsula mantiene una permeabilidad selectiva, que permite el paso de moléculas de bajo peso molecular como la glucosa, compuesto fundamental de los diluyentes de conservación por refrigeración, e impide el paso de macromoléculas como inmunoglobulinas (Lim and Sun, 1980), y también microorganismos que determinan alteraciones en los espermatozoides durante la conservación. Estas situaciones generan unas condiciones óptimas para la conservación de los espermatozoides encapsulados.

La estructura de la membrana capsular, una vez las cápsulas seminales han sido introducidas en el aparato genital de la cerda, adquiere una composición más viscosa que facilita su retención en el útero, y evita en parte, el reflujo de las dosis seminales durante el transporte espermático (Nebel *et al.*, 1996). Estos hechos los hemos podido constatar en nuestros trabajos, donde pudimos apreciar mayor número de espermatozoides en los oviductos de las cerdas inseminadas con una única dosis seminal de semen encapsulado, respecto a cerdas inseminadas con dos dosis de semen no encapsulado (Sánchez-Sánchez *et al.*, 2014).

9.2. PRESELECCIÓN DEL SEXO POR SEPARACIÓN DE ESPERMATOZOIDES X E Y.

La posibilidad de elegir el sexo de los animales utilizando la técnica de la IA, es uno de los retos más deseado por parte de los equipos de investigación dedicados a la reproducción.

La producción dirigida para la obtención exclusiva de individuos machos o hembras, es una tecnología de enorme interés para la ganadería y biotecnología en general. El interés de su utilización tiene numerosas aplicaciones, quizá la fundamental es el enorme rendimiento en los esquemas genéticos, ya que se alcanzaría

duplicar los individuos con el sexo de interés en el desarrollo sus programas. A nivel patológico permitiría erradicar las enfermedades ligadas al sexo. En la aplicación de la normativa, de bienestar animal donde se aconseja no realizar castraciones de lechones machos, podría evitarlo. Para la conservación de recursos zoogenéticos y en programas para evitar la desaparición de animales en peligro de extinción, se podría inducir el nacimiento de animales con el sexo adecuado para favorecer el programa de conservación.

Predeterminar el sexo de la descendencia, utilizando la separación de espermatozoides X e Y en mamíferos, hoy en día es una realidad, gracias a la utilización de equipos de citometría de flujo “*cell sorters*” (Johnson, 2000). Esta técnica se basa en la separación de espermatozoides según sus cromosomas sexuales, una vez son identificados por su diferencia de fluorescencia que emiten entre el cromosoma X y el cromosoma Y (Pinkel *et al.*, 1982; Seidel y Johnson, 1999; Vázquez *et al.*, 2001).

Los espermatozoides de las diferentes especies de interés en producción ganadera (porcino, bovino, ovino y equino) han sido separados mediante citometría de flujo en poblaciones X e Y, con purezas de alrededor de un 90 a 95%, para ser después utilizados en combinación con diferentes técnicas de reproducción asistida (Johnson *et al.*, 1989; Johnson, 1991; Cran *et al.*, 1993, 1997; Buchanan, 2000). La obtención de animales del sexo deseado de forma repetitiva entre diferentes laboratorios confirma la utilidad de la citometría de flujo como técnica para la separación y selección de espermatozoides X e Y en base a la diferencia en el contenido de ADN (Johnson *et al.*, 2005).

La limitación que tiene actualmente esta técnica en ganado porcino es la baja eficiencia para producir suficientes espermatozoides sexados en la dosis seminal, además se le añade los daños que puede sufrir la célula durante su procesamiento de separación.

10. EPÍLOGO

Según datos del MAPAMA el sector porcino español tiene una importancia clave en la economía de nuestro país ya que supone el 12,7% de la Producción Final Agraria. Dentro de las producciones

ganaderas, que representan en torno al 38% de la Producción Final Agraria, el sector porcino ocupa el primer lugar en cuanto a su importancia económica alcanzando el 36,4 % de la Producción Final Ganadera.

España es la cuarta potencia productora (después de China, EEUU, y Alemania), mientras que, a nivel europeo, España ocupa el segundo en producción con un 17,5% de las toneladas producidas (datos 2016, Fuente: SG Estadísticas), por detrás de Alemania, y es el primer país de la UE en censo, con más del 19% del censo comunitario (datos 2016, Fuente: SG Estadísticas).

Durante los últimos años el sector porcino ha crecido notablemente, tanto en producción, como en censos, gracias al empuje de los mercados exteriores, apoyado a su vez en la competitividad del sector en el mercado mundial.

Este aumento de la producción, ha incrementado la ya elevada tasa de autoabastecimiento, (170,6 % en 2016, Fuente: SG Estadística, AEAT, INE) lo que convierte a la exportación en un elemento esencial para el equilibrio del mercado. Con una balanza comercial muy positiva, España se ha consolidado como segundo mayor exportador de porcino de la UE, sólo por detrás de Alemania, aumentando espectacularmente las exportaciones a terceros países, especialmente a China, que se ha convertido en el primer destino de las exportaciones de carne de porcino español en el último periodo. En el contexto internacional, la UE es la principal potencia exportadora.

Estos datos constatan el avance que se ha conseguido en este sector, que le sitúan en una posición estratégica dentro de la economía general de nuestro país. Para llegar a esta posición, los ganaderos de porcino han realizado un gran esfuerzo para alcanzar un alto grado de competitividad en los mercados nacionales e internacionales, superando distintas barreras gracias al aporte tecnológico que han adoptado en todo el ciclo productivo.

Entre los avances científicos que han ayudado a conseguir estos objetivos, destaca la inseminación artificial que ha jugado un papel crucial en el desarrollo genético, para alcanzar los productos demandados por los mercados nacionales e internacionales

A nivel personal esta línea de trabajo ha sido donde he tenido más dedicación, y sin duda la más satisfactoria en mi vida profesional. También ha marcado mi actuación como investigador, donde siempre he intentado buscar el carácter aplicativo del trabajo realizado.

Con estas palabras doy por finalizado el discurso de ingreso como Académico de Número, no sin antes volver a reiterar mi agradecimiento a la Real Academia de Ciencias Veterinaria, y a todos ustedes por la atención que me han prestado.

He dicho.

Raúl Sánchez Sánchez

Madrid, 18 de diciembre de 2017

11. BIBLIOGRAFÍA

- Almeida FRCL, Novak S and GR Foxcroft. The time of ovulation in relation to estrus duration in gilts. *Theriogenology* 2000, 53: 1389-1396.
- Alvarez, J.G. and Storey, B.T. 1983. Taurine, hypotaurine, epinephrine and albumin inhibit lipid peroxidation in rabbit spermatozoa and protect against loss of motility. *Biol. Reprod.* 29: 548-555.
- Bonadonna T. 1937. Le basi scientifiche e le possibilit  applicative della fecondazione artificiale negli animali domestici. Casa Ed. Vannini, Brescia, Italy.
- Buchanan BR, Seidel GE Jr, McCue PM, Schenk JL, Herickhoff LA, Squires EL. Insemination of mares with low numbers of either unsexed or sexed spermatozoa. *Theriogenology* 2000; 53:1333-44.
- Brussow KP, Schneider F, Kanitz W, Ratky J, Kauffold J, W hner M. Studies on fixed time ovulation induction in the pig. In Rodriguez-Martinez H, Vallet JF, Ziecik A, editors. Control of pig reproduction 2009 VIII, 187–195, Nottingham University Press, UK.
- Cassou R. 1964. La m thode des pailletes en plastique adapt e   la g n ralisation de la cong lation. In: Proc. 5th Int. Congr. Anim. Reprod. Trento, Italy. 4:540–546.
- Cran DG, Johnson LA, Miller NG, Cochrane D, Polge C (1993) Production of bovine calves following separation of X- and Y-chromosome bearing sperm and in vitro fertilisation. *Veterinary Record* 132 40-41.
- Cran DG, McKelvey WAC, King ME, Dolman DE, McEvoy TG, Broadbent PJ, Robinson JJ. 1997. Production of lambs by low dose intrauterine insemination with flow cytometrically sorted and unsorted sperm. *Theriogenology*: 47: 267 (abstract).
- Curot E. 1922. Fecondation et st rilit  dans les esp ces domestiques. 2^a ed. Carles Amat. Paris, pp. 288-289.
- Cheng, T.T.K. 1985. In vitro fertilisation of farm animal oocytes. PhD Thesis, Council for Nacional Academic Awards, UK.
- Degenstein KL, O'Donoghue R, Patterson JL, Beltranena E, Ambrose DJ, Foxcroft GR, Dyck MK, 2008: Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. *Theriogenology* 70, 1075–1085.
- Driancourt MA, Cox P, Rubion S, Harnois- Milon G, Kemp B, Soede NM, 2013: Induction of an LH surge and ovulation by busserelin (as Recep-

- tal) allows breeding of weaned sows with a single fixed-time insemination. *Theriogenology* 80, 391–399.
- Du Mesnil du Buisson, F. and Dauzier, L. 1958. Maintien du pouvoir fécondant du sperme de verrat en présence de CO₂. *Compt. Rend. Acad. Sci.* 247: 2472-2475
- Graham, E. F. 1978. Fundamentals of the preservation of spermatozoa. In: *The Integrity of Frozen Spermatozoa*. Proc. Conf. Natl. Acad. Sci., Washington, DC. pp 4–44.
- Gottardi, L.; Brunel, L.; Zanelli, L. 1980. New dilution media for artificial insemination in the pig. 9th ICAR AI. Madrid, 5: 49-53.
- Heape W. 1897. The artificial insemination of mammals and subsequent possible fertilization or impregnation of their ova. *Proc. R. Soc. Lond. B* 61:52–63.
- Iritani, A. 1980. Problems of freezing spermatozoa of different species. In: *Proc. 9th Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insemin.*, Madrid, Spain. 1:115–131.
- Ito T, Niwa T, Kudo A, 1948. Studies on artificial insemination in swine. *Zootech Exp Sta Res Bull* 55, 1-74.
- Ivanow EI, 1907. De la fécondation artificielle chez les mammifères. *Arch Sci Biol* 12, 377-511.
- Ivanow EI, 1922. On the use of artificial insemination for zootechnical purposes in Russia. *J Agric Sci* 12, 244-256.
- Johnson LA (1991) Sex preselection in swine: altered sex ratios in offspring following surgical insemination of flow sorted X- or Y- bearing sperm. *Reproduction in Domestic Animals* 26 309-314.
- Johnson LA, 2000: Sexing mammalian sperm for production of offspring: the state-of-the-art. *Anim Reprod Sci* 60/61 93-107
- Johnson, L. A., and K. Larsson. 1985. In: *Proc. First Int. Conf. Deep Freezing of Boar Semen*. Swedish Univ. Agricultural Sciences, Uppsala.
- Johnson LA, Flook JP, Hawk HW 1989: Sex preselection in rabbits: live births from X- and Y- sperm separated by DNA and cell sorting. *Biol Reprod* 41 199-203
- Johnson, L.A.; Aalbers, J.G.; Groote, H.J.G. 1988. Artificial insemination in swine: Fecundity of boar semen stored in Beltsville Thawing Solution (BTS), modified modena (MM), or MR-A and inseminated on one, three and four days after collection. *Zuchthyg* 23: 49-55.

- Kaoket K, Tantasuparuk W, Kunavongkrit A. The effect of post ovulatory insemination on the subsequent embryonic loss, oestrous cycle length and vaginal discharge in sows. *Reprod Domest Anim* 2005, 40:492–4.
- Knox RV, Taibl JN, Breen SM, Swanson ME, Webel SK, 2014: Effects of altering the dose and timing of triptorelin when given as an intravaginal gel for advancing and synchronizing ovulation in weaned sows. *Theriogenology* 82, 379–386.
- Lagerlöf N. 1934. Changes in the spermatozoa and in the testes of bulls with impaired or abolished fertility. *Acta Path. Microbiol. Scand. Suppl.* 19:1–254.
- Leeuwenhoek A, 1678. De natis semine genitali animalculis. *R. Soc. (Lond.) Philos. Trans.* 12:1040–1043.
- Martin Rillo, S. 1984. How AI is progressing in Spain. *Pig International* (May). 24-28.
- Martinat-Bott_e F, Venturi E, Guillouet P, Driancourt MA, Terqui M, 2010: Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropin-releasing hormone agonist (Receptal). *Theriogenology* 73, 332–342.
- Martinez EA, Vazquez JM, Roca J, Lucas X, Gil MA, Parrilla I, Vazquez JL, Day BN, 2002: Minimum number of spermatozoa required for normal fertility after deep intrauterine insemination in nonsedated sows. *Reproduction* 123, 163–170
- McKenzie EE, 1931. A method for collection boar semen. *J Am Vet Assoc* 78 (News series 31), 244-246
- Milanov, V.K. 1932. The present position of artificial insemination in the pig. *Anim. Breed.* Vol. 2: 112-.
- Milovanow VK, 1938. Artificial insemination in domestic animals (published in Russian). *Sel'khozgiz, Moscu.*
- Moreno Fernández-Caparrós LA, 2001. Aportación a la historia de la inseminación artificial ganadera en España: su significado en el desarrollo pecuario y la repercusión económica en el periodo 1931-1971. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid, octubre 2001.
- Moretti J, 1981. (cited by Johnson L.A., Aalberts J.G., 1984). Artificial insemination of swine: fertility using several liquid semen diluents. 8th IPVS Congress Ghent, Belgium, p 293
- Nebel RL, Barne JH, Saacke RG and Lim FM. 1985. Microencapsulation of bovine spermatozoa . *J. Anim. Sci.* 60(6): 1361-1369

- Nishikawa Y. 1962. Fifty years of artificial insemination of farm animals in Japan. English Bull. 2. Kyoto University, Japan.
- Nishikawa Y. 1964. History and development of artificial insemination in the world. In: Proc. 5th Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem., Trento, Italy. 7:163–259.
- Nishikawa Y. 1972. Present state of long-term conservation of sperm and its application in various species of domestic animals. In: Proc. 7th Int. Congr. Anim. Reprod. Artif. Insem., Munich, Germany. 1:145–165.
- Niwa T. 1958. Artificial insemination with swine in Japan. Natl. Inst. Agric. Sci., Chiba-shi, Japan.
- Pinkel D, Lake S, Gledhill BL, Van Dilla MA, Stephenson D, Watchmaker G. 1982. High resolution DNA content measurements of mammalian sperm. Cytometry. 3: 1-9.
- Plisko NT, 1965. Method of prolonging the viability and fertilizing capacity of boar spermatozoa. Svinovodstvo 9, 37-41.
- Polge, C. 1956. Artificial insemination of pigs. Vet. Rec. 68: 62-76.
- Polge C, Smith AU and Parkes, AS (1949). Revival of spermatozoa after vitrification and dehydration at low temperatures. Nature 164 (4172): 666.
- Pursel, VG and Johnson, LA 1975. Freezing of boar spermatozoa: Fertilizing capacity with concentrated semen and a new thawing procedure. J. Anim. Sci. 40: 99-102.
- Revell, S.G. and C.E. Glossop. 1989. A long-time ambient temperature diluent for boar semen. Anim. Prod. 48: 579-584.
- Riesenbeck A, 2011. Review on international trade with boar semen. Reproduction Domestic Animal 46 (Suppl.e), 1-3
- Rodríguez A, Sanz E, de Mercado E, Gómez E, Martín M, Carrascosa C, Gómez-Fidalgo E, Villagómez DAF and Sánchez-Sánchez R. 2010. Reproductive consequences of a reciprocal chromosomal translocation in two Duroc boars used to provide semen for artificial insemination. Theriogenology 74: 67-74.
- Rozeboom KF, Troedsson MH, Shurson GC, Hawton JD and Crabo BG. Late estrus or metestrus insemination after estrual inseminations decreases farrowing rate and litter size in swine. Journal Animal Science 1997, 75: 2323-2327.
- Sánchez-Sánchez, R. y García, P. 1994. Características técnicas del diluyente Acromax. Jornadas Técnicas de Calier. Expoaviga. Barcelona.

- Sánchez-Sánchez R, Morell J, Llamas-López PJ, González-Bulnes A, de la Cruz P, Martín Lluch M, Carrascosa C, Gómez Fidalgo E. 2014. Encapsulación seminal de semen de verraco.(II). Resultados obtenidos en conservación seminal, transporte espermático y pruebas de inseminación. Avances en tecnología porcina, Volumen XI núm. 108: 52-58
- Sánchez-Sánchez R, de la Cruz Vigo P, Gómez Fidalgo E, Pérez Garnelo S, González-Bulnes A and M Martín Lluch. 2016. Frequency of chromosomal rearrangements in breeding males from boar studs. Chromosome Research, 24(1): S16
- Seidel GE Jr., Johnson LA. 1999. Sexing mammalian sperm - overview. Theriogenology: 52: 1267-1272.
- Soede NM, Wetzels CCH, Zondag W, de Koning MAI, Kemp B. Effects of time of insemination relative to ovulation, as determined by ultrasonography, on fertilization rate and accessory sperm count in sows. Journal Reproduction Fertility 1995,104, 99-106
- Sørensen E. 1940. Insemination with gelatinized semen in paraffined cellophane tubes [in Danish]. Medlernsbl. Danske Dyrægeforen. 23:166-169.
- Steverinck DWB, Soede NM, Bouwman EG, Kemp B. Influence of insemination-ovulation interval and sperm cell dose on fertilization in sows. J Reprod Fertil 1997, 111:165-71.
- Vazquez JM, Martinez EM, Roca J, Lucas X, Parrilla I 2001: Sex-sorting boar sperm: problems and possibilities. Arch Animal Breeding Dummerstorf 44 141-144
- Vicente Gil J. 2016. Comunicación personal
- Von Baer KE 1827. De ovi mammalium et hominis genesis. Epistola ad Academiam Imperialem Scientiarum Petropolitanam. Lipsiae, L. Vossius, 1827.
- Waberski D, Weitze KF, Lietmann C, Lubbert ZUTLage W, Bortolozzo FP, Willmen T, Petzoldt R. The initial fertilizing capacity of long-term-stored liquid boar semen following pre and post ovulatory insemination. Theriogenology 1994, 41: 1367-1377.
- Walton A 1933. The technique of artificial insemination. Imp. Bur. Am. Gen. 312
- Weitze, K.F. 1990. Long-term storage of extender boar semen. Reproduction Domestic Animals Suppl. 1: 231-253.

DISCURSO DE CONTESTACIÓN

POR EL

Excmo. Sr. D. Juan María Vázquez Rojas

Académico de Número de la

Real Academia de Ciencias Veterinarias



PRÓLOGO

La tradición dicta que el discurso de ingreso de un nuevo miembro en la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España sea respondido por otro Académico que relate las razones que llevaron a su ingreso en esta Real Academia, ilustrando las características personales y científicas que le han hecho valedor de dicho ingreso y, posteriormente, los contenidos científicos de su disertación.

Quisiera comenzar agradeciendo a esta Real Academia la confianza depositada en mi al encomendarme el protocolario discurso de salutación y recepción de nuestro nuevo académico, el Dr. Raúl Sánchez Sánchez, Científico Titular del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Actuar de portavoz de esta Docta corporación es una grata labor de la que me siento tan honrado como abrumado ya que conozco al nuevo Académico desde mis inicios en la investigación al coincidir ambos gracias al Dr. Emilio Martínez.

Por tanto, entre los motivos de este agradecimiento mencionaré en primer lugar mi gran amistad y afecto hacia el nuevo académico así como mi admiración y mi profundo respeto por su obra científica.

Quisiera añadir que al honor y distinción de actuar en esta sesión solemne, se une mi preocupación por estar a la altura que merece este acontecimiento, que merecen todos los académicos a los que hoy, aquí y ahora represento.

DE SUS ANTECEDENTES Y SUS MÉRITOS CIENTÍFICOS:

El Dr. Raúl Sánchez nace en el año 1960, en Añover de Tajo (Toledo), pueblo conocido por tener una rica vega que comparte con Aranjuez y, a pesar de su escasa población, ha sido origen de personajes ilustres como el Dr. Casimiro Gómez Ortega, Botánico, Médico y Farmacéutico y que fue el Primer Director del Real Jardín Botánico de Madrid.

Nuestro nuevo Académico procede de una familia de cinco hijos con una larga tradición agrícola y ganadera. A pesar de esta larga tradición, sus padres predijeron un posible cambio en la agricultura y a todos sus hijos les inculcaron realizar estudios que evitasen quedarse en la vega de Añover. Esta decisión acertada dio como resultado un número muy nutrido de químicos, tres en total, una informática y un veterinario.

El Dr. Sánchez realizó sus estudios primarios en su pueblo para, posteriormente, continuar el Bachillerato Superior en el Instituto El Greco de Toledo. En aquellos tiempos, como casi todos los estudiantes hijos de agricultor, en períodos no docentes debía contribuir al trabajo del campo, y así las Semanas Santas estaban reservadas a cortar espárragos y parte de las vacaciones estivales a trabajar en muchos de los cultivos que da esta rica huerta.

La elección para iniciar estudios en la Facultad de Veterinaria estuvo marcada por el interés que manifestó desde corta edad por la animales, posiblemente inculcado por la tradición veterinaria y ganadera que había en su familia. Sus estudios los hizo en una promoción muy numerosa (la 37) cursada del año 1977 a 1982. Se licenció con 22 años en la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid.

En sus inicios tuvo oportunidad de ejercer como veterinario clínico en vacuno y pequeños animales en la zona de la Sagra. Sin pasar el primer año de su transcurrir profesional, una infección por *Brucella melitensis* le obligó a guardar reposo, hecho que pudo ser determinante en el cambio de rumbo de su vida profesional a partir de este momento. Aún convaleciente de esta enfermedad, el Prof. Leopoldo Cuellar le propuso ir a conocer el INIA en Madrid y de este modo, sin estar convencido, mantiene una reunión a finales de 1983 con el

Prof. Tomás Pérez García, Director del Departamento de Reproducción Animal. El Prof. Pérez García le propone realizar una estancia en el INIA para adquirir formación en inseminación artificial de porcino con el Dr. Santiago Martín Rillo, una técnica que ya nunca le abandonaría.

En aquel entonces, el Dr. Santiago Martín Rillo, con 32 años edad, ya era una autoridad en el mundo de la producción porcina, condición merecida gracias a su gran conocimiento y a sus cualidades personales. Nuestro admirado Dr. Santiago Martín Rillo sabía transmitir con pasión toda su ilusión en el trabajo, tenía muy claros los objetivos donde quería llegar, y con unas facultades propias de sus orígenes de familia: perseverante como aragonés, y buen negociador como valenciano. En su primera entrevista con el Dr. Sánchez supo sembrar la semilla de la ilusión para trabajar en reproducción con ganado porcino. Además, le dio un consejo de gran valor para un recién licenciado, y muy vigente en la actualidad en la especialización de las carreras profesionales: *“Raúl, para ti la especialización en inseminación artificial de porcino puede suponerte una diferencia muy valiosa, en un momento que existe un gran número de veterinarios casi todos pensando en hacer lo mismo”*

En su estancia como meritorio en el grupo de reproducción porcina del INIA coincidió con el Dr. Emilio Martínez García. El Prof. Martínez tenía entre otros objetivo en aquel momento, la formación de Raúl en la experimentación desarrollada a nivel de granja. Durante este tiempo compartieron numerosos viajes a Murcia en el Seat 1200 verde del Dr. Martínez así como números experimentos en las granjas de El Pozo y Agropor. Todas estas experiencias compartidas crearon un vínculo de amistad y compañerismo entre ellos. Fue durante este periodo donde conocí por primera vez al Dr. Raúl Sánchez.

Tras este periodo de formación inicial comienza su primer trabajo individual, en una granja de Santiago de Compostela para implantar la técnica de I.A. Es durante este tiempo cuando obtiene su primera beca para realizar su Tesis Doctoral que tuvo por título “Incremento de prolificidad mediante la inseminación artificial en ganado porcino”. Su tesis doctoral tuvo como objetivo principal la evaluación de dosis seminales que vehiculaban distintos compuestos químicos para

mejorar la fecundación e intentar así mejorar los resultados reproductivos.

En diciembre de 1991 alcanza por oposición la plaza de Técnicos Facultativos Superiores de Organismos Autónomos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación siendo en la actualidad, y tras la aprobación de la Ley de la Ciencia que equipara a los Organismos Públicos de Investigación, Científico Titular en el Departamento de Reproducción Animal del INIA, Organismo Público de Investigación vinculado al Ministerio de Economía, Industria y Competitividad.

A lo largo de su trayectoria científica ha ostentado puestos de responsabilidad como los de Jefe del Grupo de Porcino del INIA, Responsable de Bienestar Animal en el comité de Ética y Bioseguridad del INIA, Director de la Comisión del Animalario del INIA, Director del Departamento de Reproducción Animal o Miembro del Consejo de investigación del INIA. Es Consultor de la FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, y Académico Correspondiente de la RAVCE desde octubre de 2014.

Las líneas de trabajo desarrolladas a lo largo de su carrera científica han estado fundamentalmente relacionadas con la técnica de inseminación artificial, incluyendo la conservación del semen por refrigeración, la crioconservación y su uso en la conservación de recursos zoogenéticos, el diseño y valoración de técnicas utilizadas para la contrastación seminal y la relación entre las patologías seminales y la eficiencia de la inseminación artificial. Una línea de investigación que ha resultado de gran interés para los centros de inseminación ha sido el estudio y valoración que tienen las alteraciones cromosómicas en reproductores porcinos.

Adicionalmente a las anteriores, el Dr. Raúl Sánchez también ha investigado sobre la recogida, el cultivo y transferencia embrionaria; la producción de embriones “in vitro” así como la relación entre alimentación y parámetros reproductivos.

Tiene previsto abordar próximamente investigaciones sobre la utilización de la encapsulación seminal para reducir el numero de inseminaciones a una única dosis seminal así como, en colaboración con la Asociación Nacional de Criadores de Ganado Porcino Selecto,

crear estándares de calidad seminal en inseminación artificial porcina para ser implantados en los centros de inseminación.

Ha realizado un total de 29 proyectos en convocatorias competitivas 19 proyectos financiados por empresas, de los cuales ha tenido participación en 20 como Investigador Principal. Ha publicado más de 130 artículos, 55 en revistas indexadas, 88 en revistas de divulgación, 45 capítulos de libro y es coautor en 4 libros y autor en 2.

También su participación en Congresos ha sido frecuente con 72 comunicaciones y 13 ponencias principales que se unen a las 89 conferencias impartidas.

Con relación a su actividad docente, fue ayudante de clases prácticas de Biología Animal y Vegetal y, durante los años 1987-1989, profesor Ayudante de Universidad de LRU en el Departamento de Fisiología Animal de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid. Posteriormente ha sido Colaborador Honorífico.

Entre otras actividades docentes destaca su participación en programas de máster y doctorado, tanto nacionales como internacionales. Ha dirigido, asimismo, 5 tesis doctorales.

En febrero de 2014 recibe el IX Premio de la Asociación Nacional de Veterinarios Jubilados de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de España.

DE SU DISCURSO

Durante el pasado siglo XX, la mejora en la nutrición y el manejo de los animales, el control de las enfermedades, la selección genética y la inseminación artificial han supuesto los factores más importantes en el incremento de los rendimientos de las producciones animales. En este sentido, las tecnologías y biotecnologías aplicadas a la reproducción animal están llamadas a ocupar en los próximos decenios el centro de las estrategias a desarrollar para incrementar la eficiencia en el ámbito productivo.

La gran ventaja que ha aportado la inseminación artificial a la ganadería ha sido el poder utilizar los mejores reproductores machos

para inseminar a un número de hembras extraordinariamente alto, sobre todo cuando se compara con la monta natural.

En la lección que tan magistralmente nos ha expuesto esta tarde, “Desarrollo de la técnica de inseminación artificial en ganado porcino en España”, el Dr. Sánchez ha realizado un profundo análisis de una técnica en una especie que han sido, ambas, técnica y especie, ámbitos esenciales de la carrera científica del nuevo Académico.

La producción porcina es una de las principales actividades agropecuarias en España. España es el primer país productor comunitario, el tercero del mundo, el cuarto exportador por detrás de Alemania, USA y Dinamarca. El sector porcino significa el 37% de la producción final ganadera y el 13% de la producción final agraria. Sin duda alguna, la inseminación artificial y la selección genética son responsables de este éxito al promover un incremento importante en los rendimientos productivos de las explotaciones (casi el doble de kilos de carne producidos por explotación), así como una homogeneidad en las características fenotípicas de los animales nacidos, previamente seleccionadas acorde a las tendencias del consumidor y de las necesidades de la cadena de transformación.

El espectacular desarrollo de la inseminación artificial (IA) en las últimas décadas se debe a los avances realizados en la propia tecnología, tales como la mejora de diluyentes o el diseño de nuevos diluyentes de larga duración. Además, el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías espermáticas ha traído consigo la demanda de nuevas técnicas de inseminación que permitan la utilización de estos “nuevos” espermatozoides, espermatozoides que suelen estar caracterizados por tener disminuida su capacidad fecundante y, en ocasiones, por estar producidos en un número muy reducido. Entre estas tecnologías se encuentran la congelación de espermatozoides, la encapsulación espermática, la separación de espermatozoides X e Y o la producción de espermatozoides transportadores de genes exógenos como alternativa en la producción de animales transgénicos.

Asimismo, entre las estrategias propuestas para incrementar la eficiencia del uso de verracos de alto valor genético, destaca el empleo de nuevos sistemas de IA que permiten depositar la dosis seminal más allá del conducto cervical, bien a nivel del cuerpo uterino (in-

seminación post-cervical) o bien en la profundidad de un cuerno uterino (inseminación intrauterina profunda).

Ha comenzado el Dr. Sánchez recordándonos la historia de la inseminación artificial y cómo, rápidamente, esta técnica se introdujo en España en el porcino de un modo comercial de la mano de grandes maestros el Dr. Santiago Martín Rillo o el Prof. Pérez García, discípulo del pionero Prof. Carbonero. Quiero recordar a mi maestro, el Prof. Martínez García, como uno de los pioneros en la diseminación de esta técnica en múltiples granjas porcinas en los años 80.

El capítulo sobre la evolución de los diluyentes utilizados en la conservación del semen porcino refrigerado ha traído a mi memoria mi última conversación con quien descubrió las claves de la criopreservación al gameto masculino, el Dr. Cristopher Polge. Decía el Dr. Polge que todo investigador debía preservar la creatividad, el rigor, la constancia y esperar un poco de serendipia.

Los diluyentes en porcino han supuesto, sin duda alguna, el éxito en la implantación plena de esta técnica a nivel comercial y España ha tenido grandes referentes como fue la formulación del MR-A por el Prof. Martín-Rillo. Nuestro nuevo Académico ha contribuido, desde el conocimiento, también al desarrollo de un nuevo diluyente comercial muy utilizado por el sector.

A continuación ha detallado diferentes modelos, desde la implantación de la IA en las propias granjas y en donde esta técnica permitió obtener resultados superiores a la monta natural al tiempo que permitía optimizar el trabajo en la granja, a la creación de grandes centros de inseminación artificial, mejorando la competitividad y controlando el riesgo sanitario. Nuevas técnicas de inseminación artificial con bajo número de espermatozoides así como el valor estratégico de los verracos han sido también abordados con rigurosidad.

Resulta de especial interés, por su complejidad, el último capítulo que se adentra en el futuro, en el que sin duda alguna, el semen encapsulado, el semen sexado, o nuevas metodologías para aplicar una única inseminación van a suponer elementos fundamentales en el desarrollo de esta técnica. Desarrollo, todo ellos, que han permitido aplicaciones biotecnológicas que han cambiado la forma de ver la

ganadería aunque, en palabras del Dr. Bonadona, “el futuro requiere no gastar mucho tiempo soñando en el pasado”.

EPÍLOGO

Es una anhelo de esta corporación y motivo de preocupación la mejora continua de nuestra querida Academia. Las academias de hoy han evolucionado mucho desde su primera acepción, la de la academia griega de Platón en el año 384 a.c. como lugar de instrucción en matemáticas, dialéctica y ciencias naturales.

Su rol como institución referente para la sociedad sigue siendo indiscutible. Estoy seguro de que en esta Academia el Dr. Raúl Sánchez se integrará perfectamente, con la misma generosidad y desvelo con que ha tomado parte siempre, haya donde ha estado.

Sres. Académicos, no me cabe la menor duda de que la incorporación de nuestro nuevo académico será tremendamente enriquecedora para todos nosotros y de que contribuirá a ensalzar la labor que entre todos tratamos de realizar en esta Academia. Nos alegra acoger al Dr. Raúl Sánchez y que ocupe desde hoy el sillón que perteneció a nuestro querido y añorado Dr. Borregón. Querido Raúl, bienvenido a la que a partir de hoy es ya tu casa, tu Academia.

Termino este breve discurso de contestación. *Intus legere* se traduce como leer por dentro, y da sentido a la palabra inteligencia, o capacidad para distinguir lo accesorio de lo fundamental. El Prof. Raúl Sánchez es de esas personas dotadas de una extraordinaria inteligencia con un buen componente de todas sus estirpes, social, analítica, sintética, discursiva, creativa, emocional y ética.

Para quienes hemos tenido ocasión de tratar con el Dr. Raúl Sánchez hay una condición adicional que se manifiesta rápidamente, se trata de su especial bondad, su cordialidad y su buen hacer, y su dinamismo.

Termino mi labor como portavoz de esta ilustre corporación dándole al Dr. Raúl Sánchez nuestra más cordial y sincera enhorabuena por su ingreso en esta Real Academia de Ciencias Veterinarias de España. Y para su satisfacción, quiero que sepa que nosotros, los Académicos, estamos también de enhorabuena, por lo que felicito

a la Academia por tan acertada elección, y porque desde hoy cuenta entre sus Académicos con una personalidad científica y humana ejemplar y excepcional.

He dicho

