

Departament de Ciència Animal i dels Aliments



**Implementación de un sistema de trazabilidad para la cadena de
producción porcina basado en crotales electrónicos y marcadores
moleculares**

*Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear
tags and molecular markers*

*Implementació d'un sistema de traçabilitat per a la cadena de producció
porcina basat en crotals electrònics i marcadors mol.leculars*

TESIS DOCTORAL

Paula Grassi Ledo

Bellaterra (Barcelona)

2013

UNIVERSITAT AUTONOMA DE BARCELONA
DEPARTAMENT DE CIENCIA ANIMAL I DELS ALIMENTS

Implementación de un sistema de trazabilidad para la cadena de producción porcina basado en crotales electrónicos y marcadores moleculares

Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers

Implementació d'un sistema de traçabilitat per a la cadena de producció porcina basat en crotals electrònics i marcadors mol.leculars

Tesis presentada per Paula Grassi Ledo, dirigida pel Dr. Gerardo Caja López del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona, i codirigida en el capítol 6 per la Dra. Jocelyne Porcher del Centre de Recerca de INRA (UMR Innovation, Montpellier, França) per obtenir el títol de Doctor/a amb menció europea.

Bellaterra, 14 de Gener de 2013

A Jon

AGRADECIMIENTOS

Aquí estoy... después de 3 años y medio, un cambio de país y un proyecto de tesis a mis espaldas...ya puedo decir que lo he logrado! Ahora me toca la parte más difícil para mí, poner palabras a toda esa gratitud que siento hacia todas y cada una de las personas que me ha ofrecido su apoyo y energía para que lograra mi propósito...

En primer lugar quisiera agradecer a mi tutor de tesis, el Dr. Gerardo Caja por su ayuda y apoyo a lo largo de este proceso, porque aunque hayamos pasado momentos críticos (pero superados!!), he aprovechado todos y cada uno de los momentos compartidos haciendo que crezca como profesional y como persona.

A la investigadora Jocelyne Porcher del centro INRA de Montpellier por su confianza en no dudar ni un momento en darme una plaza en su departamento para cubrir mi "stage" para poder optar a la mención europea de mi titulación de Doctora. Merci beaucoup pour votre support et de m'avoir montré comment vos yeux voient l'élevage! J'étais ravi de vous rencontré. Je profit aussi pour remercier tous les éleveurs qui m'ont aidé, que sans me connaitre ils ont ouvert les portes de leurs maisons et de leurs fermes, contribuant à développer davantage ma passion pour les animaux et l'agriculture.

También quiero agradecer a la Dra. Elena Xuriguera y al Dr. Sergio González-Martín del Centro DIOPMA del Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la Universidad de Barcelona por su disponibilidad y ayuda.

A su vez, agradecer al Dr. David Gallardo y al Dr. Armand Sánchez del Servei Veterinari de Genètica Molecular de la Universidad Autònoma de Barcelona por su colaboración y orientación.

También agradecer a la empresa Gepork y al Centro IRTA de Monells por ofrecerme todas las facilidades para poder llevar a cabo esta tesis.

Agradecer también a todos mis compañeros del departamento por su amistad y sobre todo por los ánimos que siempre los recibí como agua de mayo! A los doctorantes: Andreia Costa, Adel Ait Saidi y Soufiane Hamzaoui (vamos que se puede!!), a los que se doctoraron por el camino: Sergi Carné y Maria-Alejandra Rojas-Olivares, a Jean-Hubert Mocket por su ayuda, al profesor Dr. Ahmed Salama por sus ánimos constantes y a todas las secretarias del Departament de Ciència Animal i dels Aliments, en especial a Julia Lacuesta por su interminable paciencia y disposición para solucionar los problemas que la distancia ocasionó en algunos momentos...

Quisiera agradecer especialmente a todos mis amigos y amigas, los que nunca fallan, los que siempre están dispuestos a escuchar “mis historias con los cerditos” y que siempre han estado ahí para darme los ánimos para seguir adelante: Laia (gràcies per fer que els mals moments es transformessin en somriures), Joan (te debo una por ayudarme incondicionalmente en el matadero y, ahora sí que puedes llamarme “Dra.Grassi”), Víctor, Eva, Xavi, Yolanda, Marta, Carla, Meri...Gracias chicos!!

El agradecimiento más especial, a mi familia: a mis padres y a mi hermana Laia por su incansable paciencia, apoyo y energía puesta en todos estos años! A mis suegros Marie-Claire y William, a mis cuñados Jess y Claire, a mi preciosa sobrina Eva y al hermanito que viene en camino.

Y por último, a mi marido Jon darle las gracias por haber hecho que esto haya sido posible, por estar siempre a mi lado, por estar siempre dispuesto a escuchar y sobre todo por hacerme tan feliz...

Muchas Gracias!!

Moltes Gràcies!!

Merci beaucoup!!

Thank you!!

Paris, Enero 2013

Paula Grassi Ledo

La línea de investigación de esta tesis ha dado origen a las siguientes publicaciones en revistas científicas y actas de Simposios nacionales e internacionales:

The work of this thesis has been published in the following national and International journals and symposium proceedings:

Publicaciones en revistas internacionales:

- Grassi, P., G. Caja, J. H. Mocket, H. Xuriguera, S. González-Martín, J. Soler, M. Gispert, and J. Tibau. 2013. Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers: I. On-farm and laboratory performances. *J. Anim. Sci.* (Submitted).
- Grassi, P., G. Caja, J. Soler, M. Gispert, J. Tibau, and A. Sánchez. 2013. Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers: II. Slaughterhouse performances, overall traceability and carcass auditing. *J. Anim. Sci.* (Submitted).
- Porcher, J. and P. Grassi. 2013. Rétifs à l'innovation ou rebelles à l'avenir. Résistances des éleveurs à l'identification électronique de leurs animaux. *Nat. Sci. Soc.* (Submitted).

Publicaciones en revistas nacionales:

- Soler, J., J. Tibau, P. Grassi, S. Balasch, M. A. Oliver, and M. Gispert. 2007. Alternativas genéticas para la mejora de la calidad y eficiencia en porcino. *Avances en Tecnología Porcina* 4:53–62.
- Grassi, P., and G. Caja. 2012. La identificación electrónica en porcino: una opción de futuro. *Ganadería* 78:40–43.

Simposios internacionales:

- Balasch, S., J. Soler, J. Tibau, M. Gispert, M. A. Oliver, A. Juvanteny, G. Cucurull, and P. Grassi. 2010. Traceability and Genetic Evaluation in order to improve the

Swine Products Quality. 21st International Pig Veterinary Society (IPVS) Congress, Vancouver, Canada (Poster).

- Grassi, P., G. Caja, J. H. Mocket, A. Costa, J. Soler, M. Gispert, J. Tibau, M. A. Rojas, and A. Sánchez. 2012. Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers. *J. Anim. Sci.* 90, Suppl. 3:640–641 (Abstr.).
- Grassi, P., G. Caja, J. H. Mocket, H. Xuriguera, S. González-Martín, J. Soler, M. Gispert, and J. Tibau. 2013. On-field and laboratory performances of electronic ear tags used for tracing pigs from farm to carcass. 64th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Nantes, France.

Simposios nacionales:

- Soler, J., J. Tibau, P. Grassi, S. Balasch, M. A. Oliver, and M. Gispert. 2006. Alternativas genéticas para la mejora de la calidad y eficiencia en porcino. Expoaviga, Barcelona, España (Poster).
- Grassi, P., G. Caja, J. H. Mocket, A. Ait-Saidi, H. Xuriguera, and S. González-Martín. 2013. Características técnicas y resultados de lectura de distintos tipos de crotales electrónicos utilizados en identificación animal. XV Jornadas AIDA (Asociación Internacional para el Desarrollo Agrario) sobre Producción Animal, Zaragoza, España (Enviado).
- Grassi, P., G. Caja, J. H. Mocket, A. Costa, J. Soler, M. Gispert, J. Tibau, M. A. Rojas, and A. Sánchez. 2013. Implementación de un sistema de trazabilidad para la cadena de producción porcina basado en crotales electrónicos y marcadores moleculares. XV Jornadas AIDA (Asociación Internacional para el Desarrollo Agrario) sobre Producción Animal, Zaragoza, España (Enviado).

Lista de Abreviaturas

AESAN	Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (<i>Spanish Agency for Food Safety and Nutrition</i>)
BW	Body weight
CATMOD	Categorical Data Modeling
COAG	Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos (<i>Coordinator of Farmers Organizations</i>)
DNA	Deoxyribonucleic acid
d	Day
Exp.	Experiment
FAO	Food and Agriculture Organization
FDX-B	Full-duplex B
g	Gram
GPS	Global Positioning System
h	Hour
HDX	Half-duplex
ICAR	International Committee for Animal Recording
IRTA	Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries
ISAG	International Society for Animal Genetics
ISO	International Organization for Standardization
Kcal	Kilocalorie
MAGRAMA	Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente de España (<i>Spanish Ministry of Agriculture, Food and Environment</i>)
Mcal	Megacalorie
mm	Millimeter
n	Sample size
N	Newtons
NE	Net energy
o.d.	Outside diameter
P	Probability
PCR	Polymerase chain reaction

REGA	Registro General de Explotaciones Ganaderas (<i>General Register of Livestock Farms</i>)
REMO	Registro General de Movimientos de Ganado (<i>General Register of Cattle Movements</i>)
RFID	Radiofrequency identification
RIIA	Registro General de Identificación Individual de Animales (<i>General Register of Individual Identification of Animals</i>)
s	Second
SAS	Statistical Analysis Software
SE	Standard error of the mean
SITRAN	Integral Animal Traceability System
SNP	Single nucleotide polymorphisms
STR	Short tandem repeats
USDA	United States Department of Agriculture
wk	Week

SUMMARY

A total of 1,540 crossbreed pigs of similar origin and production conditions (weaned 28 d, slaughtered 100 kg BW) were used in 3 experiments to assess on the implementation of a traceability system based on electronic identification (e-ID) and molecular markers (DNA). Pigs were tagged by 3 types of electronic ear tags and carcasses audited by DNA. In Exp. 1, piglets ($n = 1,033$) were e-ID at birth with ear tags (EF1, plastic double button FDX-B transponder, 2.6 g), biopsied ($n = 30$) and slaughtered under commercial conditions. No EF1 losses were reported until weaning, but fattening losses were 6.3%. Losses of EF1 during transportation and slaughtering were 41.9%, resulting in 52.8% overall traceability. Auditing 18 carcasses by a panel of 12 DNA microsatellites showed 83.3% of compliance. In Exp. 2, 133 weaned piglets were e-ID (EH, plastic double button HDX transponder, 4.4 g) and biopsied ($n = 56$). Fattening and slaughtering were done under experimental conditions. On-farm losses were 1.5% and 0.8% losses were observed at slaughter, overall traceability being 97.7%. Auditing 56 carcasses by DNA microsatellites showed 98.2% of compliance. In Exp. 3, 374 weaned piglets were e-ID with 453 ear tags of 3 types: EF1 ($n = 151$), EF2 (plastic double button FDX-B transponder, 4.2 g; $n = 140$) and EH ($n = 162$). Biopsies for auditing were 97. Fattening was done in the farm of Exp. 1 and slaughtering in 3 commercial slaughterhouses. By ear tag type (EF1, EF2 and EH), on-farm losses were 0, 1.9 and 0.9%, and failures 5.0, 5.6 and 0.9%. On-farm traceability was 95.0, 92.5 and 98.2% (the last differing at $P < 0.05$), respectively. Additionally 5.3, 5.0 and 1.8 % ear tags were lost or failed during transportation, respectively. Slaughtering losses were 22.1, 13.5 and 4.5% and failures were 6.3, 5.4 and 0%, resulting in 71.6, 81.1 and 95.5% slaughterhouse traceability, respectively. Overall traceability was 64.4, 71.2 and 92.1 for EF1, EF2 and EH, respectively ($P < 0.05$). Auditing 12 carcasses by DNA microsatellites resulted in 85.7% of compliance. Ten samples of each ear tag type were collected across the experiments for studying their features and performances under laboratory conditions. Separation strength of EF1 from Exp. 1 was weaker ($P < 0.05$) than the rest of ear tags and reading distances varied dramatically according to the reader, technology and orientation towards the antenna used (0.3 to 33.4 cm). In conclusion, the EH ear tags were more efficient than EF1 and EF2 for tracing pigs under commercial conditions. On-farm traceability depended on device used and fattening and slaughtering conditions. Traceability auditing by DNA varied by sample quality and matching rates ranged between 88.2 and 98.2%. In conclusion, the use of quality electronic ear tags and DNA analysis are recommended for implementing a traceability system in the pig industry. Finally, a sociological case study of a particular livestock sector in France, which is currently reluctant to the use of electronic identification, was conducted with the aim of completing the vision of this technology in the livestock industry.

RESUM

Un total de 1,540 porcs creuats d'origen i condicions de producció similars (deslletats a 28 d, sacrificats a 100 kg) van ser utilitzats en tres experiments per avaluar la implementació d'un sistema de traçabilitat mitjançant l'ús de l'identificació electrònica (e-ID) i de marcadors moleculars (ADN). Els porcs van ser identificats amb 3 tipus de cròtals electrònics i posteriorment auditats mitjançant anàlisis d'ADN. En l'Exp. 1, els garrins (n = 1,033) van ser e-ID al naixement amb cròtals EF1 (plàstic de doble botó, transponedor FDX-B, 2.6 g), van ser biopsiats (n = 30) i van ser sacrificats sota condicions comercials. Fins la fase de deslletament no es van detectar pèrdues de EF1, però sí durant la fase d'engreix (6.3%). Durant el transport i sacrifici, les pèrdues de EF1 van ser del 41.9%, el qual va resultar en un 52.8% de traçabilitat total. Es van auditar 18 canals mitjançant l'ús d'un panell de 12 microsatèl·lits d'ADN el qual va demostrar un 83.3% de compliment. En l'Exp. 2, 133 garrins deslletats van ser e-ID amb cròtals EH (plàstic de doble botó, transponedor HDX, 4.4 g) i biopsiats (n = 56). L'engreix i sacrifici es van realitzar sota condicions experimentals. Durant la fase de granja es van detectar pèrdues de l'1.5% i un 0.8% de pèrdues durant el sacrifici, resultant una traçabilitat total del 97.7%. L'auditoria per microsatèl·lits de 56 canals van demostrar un 98.2% de compliment. En l'Exp. 3, 374 garrins deslletats van ser e-ID amb 453 cròtals de 3 tipus: EF1 (n = 151), EF2 (plàstic de doble botó, transponedor FDX-B, 4.2 g, n = 140) i EH (n = 162). Al seu torn, es van biopsiar 97 animals. La fase d'engreix i sacrifici es va realitzar sota les mateixes condicions que en l'Exp. 1. Per tipus de cròtal (EF1, EF2 i EH), les pèrdues en granja van ser del 0, 1.9 i 0.9%, i les fallades electròniques del 5.0, 5.6 i 0.9%. La traçabilitat en granja va ser del 95.0, el 92.5 i el 98.2% (l'últim difereix en $P < 0.05$), respectivament. A la vegada, 5.3, 5.0 i 1.8% cròtals es van perdre durant el transport, respectivament. Les pèrdues en escorxador van ser 22.1, 13.5 i 4.5% i les fallades electròniques 6.3, 5.4 i 0%, resultant en 71.6, 81.1 i 95.5% de traçabilitat en escorxador, respectivament. La traçabilitat total va ser del 64.4, 71.2 i 92.1 per EF1, EF2 i EH, respectivament ($P < 0.05$). L'auditoria de 12 canals mitjançant microsatèl·lits va resultar en un 85.7% de compliment. Deu mostres de cada tipus de cròtal es van recollir a través dels experiments per a l'estudi de les seves característiques i rendiment sota condicions de laboratori. La força de separació de EF1 de l'Exp. 1 va ser inferior ($P < 0.05$) a la resta dels cròtals i les distàncies de lectura van variar dramàticament segons el tipus de lector, la tecnologia i l'orientació de l'antena utilitzats (0.3 a 33.4 cm). En conclusió, els cròtals EH van ser més eficients que EF1 i EF2 per traçar porcs en condicions comercials. La traçabilitat en granja depèn del dispositiu utilitzat i de les condicions d'engreix i sacrifici. Els resultats de l'auditoria de la traçabilitat mitjançant ADN varien segons la qualitat de la mostra i els percentatge de coincidència van oscil·lar entre el 88.2 i 98.2%. En conclusió, es recomana l'ús de cròtals electrònics de qualitat i l'anàlisi d'ADN per a la implementació d'un sistema de traçabilitat en la indústria porcina. Finalment, es va realitzar un estudi sociològic d'un cas dins d'un sector ramader concret a França, actualment reticent a l'ús de la identificació electrònica, per completar la visió de l'ús d'aquesta tecnologia en ramaderia.

RESUMEN

Un total de 1,540 cerdos cruzados de origen y condiciones de producción similares (destetados a 28 d, sacrificados a 100 kg) fueron utilizados en tres experimentos para evaluar la implementación de un sistema de trazabilidad mediante el uso de identificación electrónica (e-ID) y de marcadores moleculares (ADN). Los cerdos fueron identificados con 3 tipos de crotales electrónicos y posteriormente auditados mediante análisis de ADN. En el Exp. 1, los lechones ($n = 1,033$) fueron e-ID al nacimiento con crotales EF1 (plástico de doble botón, transpondedor FDX-B, 2.6 g), se biopsiaron ($n = 30$) y fueron sacrificados en condiciones comerciales. Hasta la fase de destete no se detectaron pérdidas de EF1, pero sí durante la fase de engorde (6.3%). Durante el transporte y sacrificio las pérdidas de EF1 fueron del 41.9%, lo que resultó en un 52.8% la trazabilidad total. Se auditaron 18 canales mediante el uso de un panel de 12 microsátélites de ADN el cual demostró un 83.3% de cumplimiento. En el Exp. 2, 133 lechones destetados fueron e-ID con crotales EH (plástico de doble botón, transpondedor HDX, 4.4 g) y biopsiados ($n = 56$). El engorde y sacrificio se realizaron bajo condiciones experimentales. Durante la fase de granja se detectaron pérdidas del 1.5% y 0.8% más durante el sacrificio, resultando una trazabilidad total del 97.7%. La auditoría por microsátélites de 56 canales demostraron un 98.2% de cumplimiento. En el Exp. 3, 374 lechones destetados fueron e-ID con 453 crotales de 3 tipos: EF1 ($n = 151$), EF2 (plástico de doble botón, transpondedor FDX-B, 4.2 g, $n = 140$) y EH ($n = 162$). A su vez, se biopsiaron 97 animales. La fase de engorde y sacrificio se realizó bajo las mismas condiciones que en el Exp. 1. Por tipo de crotal (EF1, EF2 y EH), las pérdidas en granja fueron del 0, 1.9 y 0.9%, y los fallos electrónicos del 5.0, 5.6 y 0.9%. La trazabilidad en granja fue del 95.0, el 92.5 y el 98.2% (el último difiere en $P < 0.05$), respectivamente. A su vez, 5.3, 5.0 y 1.8% crotales se perdieron durante el transporte, respectivamente. Las pérdidas en matadero fueron 22.1, 13.5 y 4.5% y los fallos electrónicos 6.3, 5.4 y 0%, resultando en 71.6, 81.1 y 95.5% de trazabilidad en matadero, respectivamente. La trazabilidad total fue del 64.4, 71.2 y 92.1 para EF1, EF2 y EH, respectivamente ($P < 0.05$). La auditoría de 12 canales mediante microsátélites resultó en un 85.7% de cumplimiento. Diez muestras de cada tipo de crotal se recogieron a través de los experimentos para el estudio de sus características y rendimiento bajo condiciones de laboratorio. La fuerza de separación de EF1 del Exp. 1 fue inferior ($P < 0.05$) al resto de los crotales y las distancias de lectura variaron dramáticamente según el tipo de lector, la tecnología y la orientación de la antena utilizados (0.3 a 33.4 cm). En conclusión, los crotales EH fueron más eficientes que EF1 y EF2 para trazar cerdos en condiciones comerciales. La trazabilidad en granja depende de la edad del animal, el dispositivo utilizado y de las condiciones de engorde y sacrificio. Los resultados de la auditoría de la trazabilidad mediante ADN varían según la calidad de la muestra y los porcentajes de coincidencia oscilaron entre el 88.2 y 98.2%. En conclusión, se recomienda el uso de crotales electrónicos de calidad y el análisis de ADN para la implementación de un sistema de trazabilidad en la industria porcina. Finalmente, se realizó un estudio sociológico de un caso en sector ganadero concreto en Francia, actualmente reticente al uso de la identificación electrónica, para completar la visión del uso de esta tecnología en ganadería.

INDICE

CAPITULO 1: INTRODUCCION	1
1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACION DE LA TESIS	1
CAPITULO 2: REVISION BIBLIOGRAFICA	5
2.1 LA PRODUCCION PORCINA Y LA TRAZABILIDAD	
2.1.1 Estado del Arte de la Producción Porcina	5
2.1.2 La Trazabilidad de la Carne de Porcino	9
2.2 LA IDENTIFICACION ANIMAL	15
2.2.1 Introducción	15
2.2.2 Marco Legal de la Identificación en Porcino	17
2.2.3 Métodos de Identificación en Porcino	20
CAPITULO 3: OBJETIVOS.....	46
CAPITULO 4: IMPLEMENTING A TRACEABILITY SYSTEM FOR THE PIG CHAIN BASED ON ELECTRONIC EAR TAGS AND MOLECULAR MARKERS: I. ON-FARM AND LABORATORY PERFORMANCES (<i>Implementación de un Sistema de Trazabilidad para la Cadena de Producción Porcina mediante el Uso de Crotales Electrónicas y Marcadores Moleculares: I. Resultados en Granja y en Laboratorio</i>)	48
4.1 RESUMEN	48
4.2 ABSTRACT	50
4.3 INTRODUCTION (<i>Introducción</i>)	51
4.4 MATERIAL AND METHODS (<i>Materiales y Métodos</i>)	52
4.4.1 Animals and Management	52
4.4.2 RFID Ear Tags and Transceivers	56
4.4.3 Biopsying Devices	58
4.4.4 Performances of RFID Ear Tags under Laboratory Conditions	58
4.4.5 Statistical Analysis	61
4.5 RESULTS AND DISCUSSION (<i>Resultados y Discusión</i>)	61
4.5.1 On-Farm Performances	61
4.5.2 Transportation Performances	64

4.5.3	Live Pig Traceability.....	65
4.5.4	RFID Ear Tags Performances under Laboratory Conditions.....	68
4.6	CONCLUSIONS (<i>Conclusiones</i>).....	72
CAPITULO 5: IMPLEMENTING A TRACEABILITY SYSTEM FOR THE PIG CHAIN BASED ON ELECTRONIC EAR TAGS AND MOLECULAR MARKERS: II. SLAUGHTERHOUSE PERFORMANCES AND CARCASS AUDITING		
<i>(Implementación de un Sistema de Trazabilidad para la Cadena de Producción Porcina mediante el Uso de Crotales Electrónicos y Marcadores Moleculares: II. Resultados en Matadero y Auditoria de Canales).....</i>		
73		
5.1	RESUMEN.....	73
5.2	ABSTRACT.....	73
5.3	INTRODUCTION (<i>Introducción</i>).....	75
5.4	MATERIAL AND METHODS (<i>Materiales y Métodos</i>).....	77
5.4.1	RFID Ear Tags and Transceivers.....	77
5.4.2	Animals and Management.....	82
5.4.3	Slaughtering Conditions.....	83
5.4.4	Carcass Biopsy in the Slaughterhouse.....	83
5.4.5	Microsatellite Analysis and Traceability Auditing.....	84
5.4.6	Statistical Analysis.....	85
5.5	RESULTS AND DISCUSSION (<i>Resultados y Discusión</i>).....	86
5.5.1	RFID Ear Tag Performances in the Slaughterhouse and Overall Traceability.....	86
5.5.2	Traceability Auditing by DNA Microsatellites.....	90
5.6	CONCLUSIONS (<i>Conclusiones</i>).....	91
CAPITULO 6: RÉTIFS À L'INNOVATION OU REBELLES À L'AVENIR : RÉSISTANCES D'ÉLEVEURS À L'IDENTIFICATION ÉLECTRONIQUE DE LEURS ANIMAUX		
<i>(Reticencias a la Innovación o Rebeliones frente al Futuro: Resistencia de los Ganaderos a la Identificación Electrónica de sus Animales).....</i>		
92		
6.1	RESUMEN.....	92
6.2	RESUMÉ.....	89
6.3	INTRODUCTION (<i>Introducción</i>).....	93

6.4	ELECTRONISATION DES ANIMAUX DOMESTIQUES ET TRAÇABILITÉ DES PRODUITS ANIMAUX (<i>"Electronización" de los Animales Domésticos y Trazabilidad de los Productos Animales</i>).....	95
6.5	ÉTAT DES LIEUX DE LA SITUATION ACTUELLE DE LA RÉGLEMENTATION EN RELATION A L'IDENTIFICATION ANIMAL ÉLECTRONIQUE (IDENTIFIANT EXTERNE) DANS QUELQUE PAYS (<i>Estado de la Situación Actual de la Legislación en Relación a la Identificación Animal (Identificador Externo) en Algunos Países</i>)	97
6.6	TECHNIQUES DE L'ELECTRONISATION (<i>Técnicas de "Electronización"</i>)	98
6.7	POURQUOI ELECTRONISER? (<i>Por qué "Electronizar"?</i>).....	102
6.7.1	Gestion des Crises Sanitaires (<i>Gestión de Crisis Sanitarias</i>).....	102
6.7.2	Traçabilité (<i>Trazabilidad</i>).....	103
6.7.3	Les Arguments des Instituts Techniques (<i>Los Argumentos de los Institutos Técnicos</i>)	103
6.7.4	Les Arguments des Entreprises Commercialisant la RFID (<i>Los Argumentos de las Empresas que Comercializan la RFID</i>)	107
6.8	RÉSISTANCE À L'ÉLECTRONISATION ET MODERNITÉ DE L'ÉLEVAGE (<i>Resistencia a la "Electronización" y Modernidad de la Ganadería</i>).....	108
6.8.1	Les Arguments des Éleveurs Refusant la RFID (<i>Los Argumentos de los ganaderos que rechazan la RFID</i>).....	111
6.9	CONCLUSIONS (<i>Conclusiones</i>).....	116
	CAPITULO 7: CONCLUSIONES: ESPECIFICAS Y GENERAL (<i>Conclusions: Specific and General</i>).....	118
	CAPITULO 8: BIBLIOGRAFIA	135
	ANEXOS	153

CAPITULO 1: INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 CONTEXTO Y JUSTIFICACION DE LA TESIS

El artículo 3 del Reglamento 178/2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria europea, define la trazabilidad como “la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo”. Este concepto puede presentarse como una buena herramienta para solucionar posibles crisis alimentarias y asegurar el control sanitario animal y consecuentemente de la sanidad humana (Cheek, 2006).

La implantación de un sistema de trazabilidad en la industria cárnica ha resultado útil y fiable para ciertos sectores como son el bovino, ovino y caprino (Conill et al., 2000; Carné et al., 2009). No obstante, para el caso de la producción porcina, aun existiendo varios estudios relacionados sobre la trazabilidad en este sector (Babot et al., 2006; Hernández-Jover, 2006; Santamarina et al., 2007), la implantación de un sistema global de trazabilidad sigue representando un problema a la hora de su ejecución y de la obtención de resultados satisfactorios. Pero, si para el caso de otros sectores ganaderos no significa un problema, por qué lo es para el porcino? Por qué no se ha llegado a encontrar un sistema que funcione en la práctica?

Con el paso de la autora de esta Tesis como técnica dentro de la empresa Gepork (sociedad dedicada a la producción y distribución de dosis de semen porcino, distribución de productos zoonosanitarios y materiales diversos para animales, servicio de bioseguridad en granjas y servicio de recogida de residuos sanitarios, juntamente con la venta de animales sementales y reproductores), y formando parte del grupo de I+D+i del Centro Tecnológico que posee la misma empresa (Alea!), el problema de la implantación de un sistema de trazabilidad en la producción porcina se planteó llevando a cabo un proyecto CDTI (Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial) cuyo título fue: Trazabilidad y evaluación genética para la mejora de la calidad de los productos de porcino. Este proyecto presentaba como objetivo desarrollar e implantar un sistema de trazabilidad a nivel de granja y de matadero, que permitiera evaluar la genética distribuida por la empresa a nivel productivo y de calidad de canal y de carne mediante el uso de la identificación electrónica por radiofrecuencia (RFID).

El sistema de trazabilidad propuesto se basó en la identificación individual de todos los animales (tanto reproductores como lechones-cerdos de engorde) mediante crotales electrónicos, la implantación de un programa de gestión de las fases de gestación – partos – lactación y el desarrollo de programas informáticos que permitieran la identificación y seguimiento de los animales a lo largo de toda su vida y de sus productos (jamón y lomo) después del sacrificio.

La recogida de información se realizó mediante la introducción de datos tanto a partir de ordenadores convencionales, como de terminales que permitían ser utilizados en las diferentes salas/naves de la explotación.

Una vez finalizado el proyecto, se pudo observar que mediante el uso de la RFID individual establecida para la cadena de producción porcina, no era posible asegurar el mínimo de porcentaje de retención de crotales requerido por el Comité Internacional de Registro de Animales (ICAR, 2011, > 98%). Esto se debió a varios factores, pero el principal

problema fue la pérdida de crotales a lo largo del proceso de producción desde la granja hasta la canal.

Debido a los resultados obtenidos a lo largo del proyecto inicial, se decidió llevar a cabo esta tesis doctoral para poder tener información independiente sobre los resultados obtenidos de la implantación de un sistema de trazabilidad para la industria cárnica porcina aplicando diversos dispositivos de identificación electrónica disponibles en el mercado, lo que permitiría poder escoger el sistema de RFID más adecuado para este sector en la práctica.

La tesis pues, se basa en el estudio de las dos tecnologías RFID existentes en la industria de crotales electrónicos, full-duplex B (FDX-B) y half-duplex (HDX), aplicados a la producción porcina, analizando sus características de resistencia y lectura bajo condiciones prácticas de producción (granja-transporte-matadero) y de referencia en laboratorio como sistema de trazabilidad.

La primera parte de la tesis está compuesta por dos artículos, el primero hace referencia a los datos obtenidos mediante el uso de tres tipos de crotales electrónicos, a lo largo del periodo de cría y engorde en granja y de transporte al matadero, en tres experiencias en distintas granjas de producción porcina (Gepork e IRTA). A su vez, los dispositivos de identificación se evaluaron bajo condiciones de laboratorio (DIOPMA, Universitat de Barcelona; G2R, Universitat Autònoma de Barcelona) para el estudio de sus características físicas y de lectura estática de los dispositivos, completándose con mediciones de la fuerza de separación de las dos piezas que configuran el crotal electrónico. El segundo artículo resulta complementario del primero y estudia el comportamiento de los dispositivos electrónicos, anteriormente aplicados en granja, en la línea de sacrificio de distintos mataderos. Finalmente, los resultados de trazabilidad obtenidos a lo largo de las dos experiencias, son evaluados conjuntamente mediante un sistema de auditoría basado en el uso de marcadores genéticos mediante ADN (SVGM, Universitat Autònoma de Barcelona).

La segunda parte de la tesis, desarrollada en el capítulo 6 (y tercer artículo publicado), es un análisis sociológico realizado con datos del sector ganadero francés en una estancia de formación en Francia (INRA, AgroParisTech, Paris), a modo de contra-punto y reflexión sobre el uso de la identificación electrónica en un determinado sector ganadero en Francia. Todo ello, haciendo hincapié en la diferencia de necesidades presentes en el mundo de la producción animal en función del punto de partida: producción intensiva o producción tradicional.

CAPITULO 2: REVISION BIBLIOGRAFICA

CAPITULO 2

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 LA PRODUCCION PORCINA Y LA TRAZABILIDAD

2.1.1 Estado del Arte de la Producción Porcina

En abril de 2012, la institución coordinadora de organizaciones de agricultores y ganaderos de España (COAG) hizo público su anuario agrario. Éste informe plantea la situación de la producción mundial de la agricultura y la ganadería con sus respectivos movimientos económicos.

Para el caso específico de la producción mundial de carne de porcino, se reitera que España (junto con Brasil) ocupa el cuarto puesto en el ranking de productores en el mundo detrás de China, Estados Unidos y Alemania. Paralelamente, a nivel mundial, encontramos que la producción de la Unión Europea, con un 20.6% (Piedra, 2012), se sitúa en segundo lugar detrás de China, Estados Unidos en el tercer puesto, Brasil en el cuarto y Canadá en el quinto puesto (Figura 1).

Por otro lado, la Subdirección de Productos Ganaderos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2012) indica que la Unión Europea tiene un total de 152 millones de cerdos y 13 millones de cerdas; produce 23 Mt de carne y presenta una autosuficiencia del 110%. Las exportaciones suponen unos 3 Mt (el 12% de la producción) y se importa el 0.2% del consumo (40 kg/habitante y año) (Figura 2).

Figura 1. Principales países productores de porcino en el año 2011 (Elaboración propia con datos MAGRAMA, 2012)

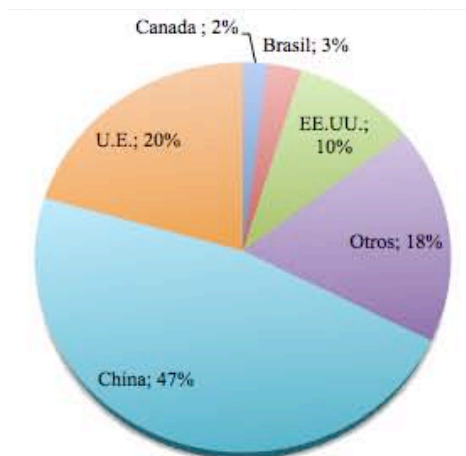
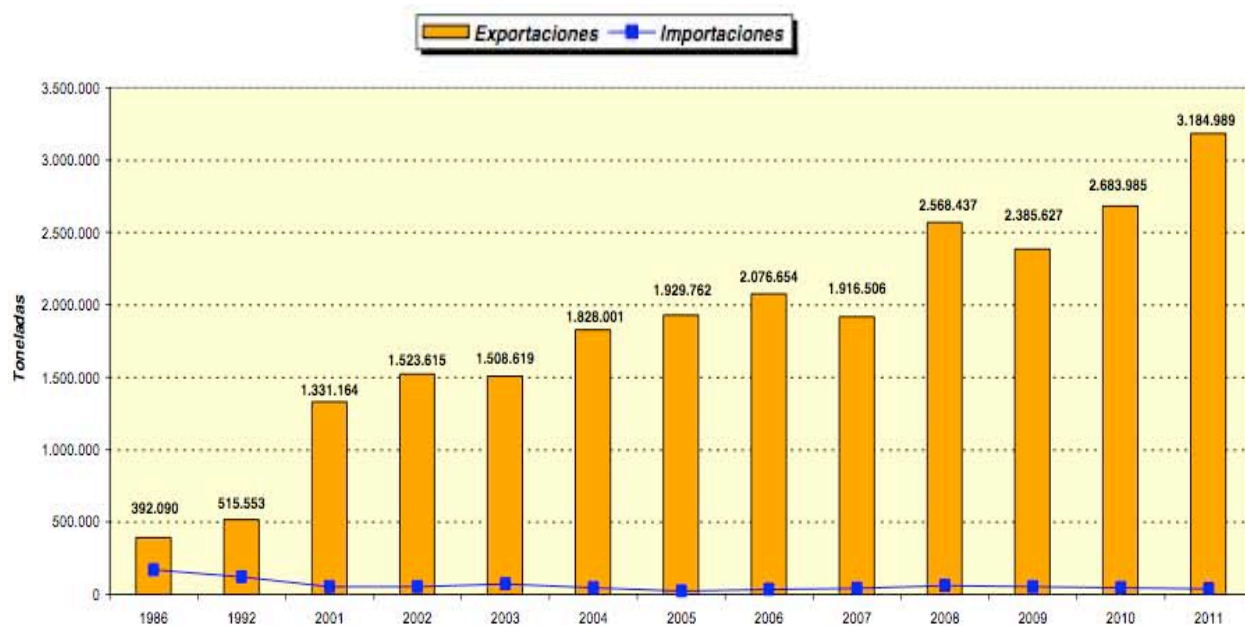


Figura 2. Evolución del comercio exterior de la Unión Europea en el sector de la carne porcina en el año 2011 (MAGRAMA, 2012)



En base a los datos publicados por MAGRAMA, el número de explotaciones porcinas en España ha sufrido una reducción, pasando de 99.561 explotaciones inscritas en el Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA) en 2007, a 93.007 explotaciones en 2011. No obstante, en 2011 se experimentó un incremento del valor económico de la Producción Final Porcina (PFP) del 7.4% (Tabla 1).

Tabla 1. Datos económicos del sector porcino español en 2011 (COAG, 2012)

Item	2004 ¹	2007	2009	2010	2011 ²	Variación ²⁻¹
Producción final porcina (PFP)	4,055.5	4,571.6	4,641.9	4,792.8	5,145.8	7.4%
Producción final ganadera (PFG)	13,415.0	14,777.0	13,911.4	13,616.7	15,036.7	10.4%
Producción final agraria (PFA)	41,623.6	42,489.7	37,945.8	39,963.0	41,449.8	3.7%
Índices						
PFP (PFG = 100)	30.2%	30.9%	33.4%	35.2%	34.2%	-2.8%
PFP (PFA = 100)	9.7%	10.8%	12.2%	12.0%	12.4%	3.5%
PFP (2004 = 100)	100.0%	105.8%	114.5%	118.2%	126.9%	7.4%

La producción porcina en España se concentra en el NE de la península, siendo Cataluña la comunidad autónoma de mayor número de efectivos con 7.03 millones de porcinos (25.2% del total), seguida por Aragón con 5.58 millones (21.8% del total) y Castilla y León con un 12.6% (Tabla 2).

La producción final de porcino en España representa 5,079.6 M€, con un censo total de 25 millones de cerdos y 42 millones de animales sacrificados, dando como resultado 3.48 Mt de carne de cerdo. A su vez, presenta una autoabastecimiento del 152.9 % y una exportación del 40% a otros países de la Unión Europea (principalmente a Francia y Portugal), así como a países terceros tales como Rusia y Hong-Kong (Tabla 3). El consumo de carne fresca de

cerdo en España se estima en 493.487 t, a las que se suman otras 560.439 t de productos transformados.

Tabla 2. Número de explotaciones – censo en España por comunidad autónoma en 2011 (COAG, 2012)

Comunidad	Nº explotaciones (%)		Animales $\times 10^3$ (%)	
Andalucía	12,110	13.0	2,189	8.5
Aragón	3,979	4.3	5,580	21.8
Castilla La Mancha	1,686	1.8	1,562	6.1
Castilla y León	13,915	15.0	3,233	12.6
Cataluña	6,458	6.9	7,030	27.5
Extremadura	14,381	15.5	1,151	4.5
Galicia	29,977	32.2	1,056	4.1
Murcia	1,606	1.7	1,723	6.7
Resto	8,895	9.6	2,084	8.1
Total	93,007	100	25,608	100

Tabla 3. Exportaciones españolas en el sector de la carne porcina hacia la UE en 2010 (MAGRAMA, 2012)

Países	Carne, t	%
Bulgaria	21,036	2.0
R. Checa	20,281	2.0
Dinamarca	26,830	2.6
Alemania	80,721	7.8
Grecia	20,478	2.0
Francia	349,554	33.8
Italia	127,717	12.4
Holanda	28,563	2.8
Portugal	219,421	21.2
Rumania	22,814	2.2
R. Unido	34,434	3.3
Resto U.E.	80,807	7.8
Total	1,032,656	100

Se puede considerar pues, que España es un país de gran importancia en la industria de la carne porcina mundial funcionando como gran exportador y mejorando a su vez su potencial de mercado. No obstante, esta dependencia a la necesidad de exportar los productos, muestra el alto riesgo que podría conllevar un posible cierre de fronteras. Es por este mismo motivo que el sector trabaja sobre el estado sanitario de los animales bajo rigurosas condiciones de control, siendo la trazabilidad la herramienta principal para llevarlo a cabo.

2.1.2 La Trazabilidad de la Carne de Porcino

2.1.2.1 Definiciones

De acuerdo con el artículo 3 del Reglamento 178/2002, la trazabilidad es “la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo”. Según el Codex Alimentarius, “Trazabilidad es la capacidad para seguir el movimiento de un alimento a través de etapa(s) especificada(s) de la producción, transformación y distribución”. Por éste mismo motivo, el concepto “trazabilidad” lleva implícita la necesidad de poder identificar el producto o productos que formen parte de cualquier proceso de fabricación (materia prima o mercancía) desde su inicio dentro de la cadena de producción, hasta la entrega final de éste al consumidor.

Por lo tanto, la trazabilidad va a requerir de adecuados sistemas de identificación y certificación (Nieuwenhuijsen, 1991; Caja et al., 2000; McKean, 2001).

Según la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN, 2009), algunos de los principales aspectos a destacar en un sistema de trazabilidad para una empresa agroalimentaria o de piensos, son los siguientes:

- Es un requisito fundamental para la gestión de las empresas, que requieren procedimientos documentados orientados a la identificación de todo producto que se encuentre bajo la responsabilidad de cada operador. La trazabilidad ha de ser considerada como una herramienta, no como una finalidad o solución.
- Recopila y coteja la información que se elige y la enlaza con sus ingredientes y materias primas, procesos tecnológicos y productos, así como cualquier otro aspecto que pueda tener influencia sobre los mismos.
- El programa de trazabilidad que se desarrolle ha de formar parte de los sistemas de control interno del operador económico de la empresa alimentaria y de la empresa de piensos y ser gestionados de manera conjunta.
- Debe proporcionar toda la información imprescindible y necesaria sobre un producto puesto en el mercado por una empresa y, en su caso, permitir a ésta la adopción de medidas eficaces, contribuyendo a alimentar la transparencia necesaria para sus clientes y para la Administración.
- Es un instrumento que proporciona información dentro de la empresa con el fin de facilitar la gestión y el control de las distintas actividades. Aunque puede y debe ser usada ante la aparición de problemas, en ningún momento debe ser confundida con un mecanismo destinado de forma exclusiva a la retirada de productos del mercado.

La trazabilidad con vistas a la seguridad alimentaria no debe confundirse con la trazabilidad que se sigue con la Identidad Preservada. Un Sistema de Identidad Preservada es un procedimiento activo donde se toman una serie de actuaciones predeterminadas para

garantizar las especificaciones de valor fijadas por un determinado mercado o cliente en sus movimientos a lo largo de la cadena alimentaria. Esto significa que proveedor y cliente han llegado a un acuerdo no sólo en el precio sino también en los costes adicionales que lleva consigo implantar un sistema de identidad preservada. La utilización de la trazabilidad de productos con estos fines es una respuesta comercial voluntaria de las empresas a las exigencias de los consumidores. Actualmente, la identidad preservada es el procedimiento que se utiliza para asegurar la ausencia de material modificado genéticamente en los productos.

Por otro lado, cabe tener en cuenta que varios estudios demuestran que los consumidores de la Unión Europea consideran la trazabilidad de la carne como necesaria (Lichtenberg et al., 2008) y relacionan su utilidad con el concepto de seguridad (Giraud et al., 2006).

2.1.2.2 Los Factores Principales de la Trazabilidad

A la hora de implementar cualquier sistema de trazabilidad, resulta implícito nombrar los siguientes cuatro principios básicos que éste debe reunir (Pedretti, 2004), sea cual sea el sector, la ubicación o las herramientas de trabajo:

- **Identificación**, el manejo de la trazabilidad implica la identificación de todas las entidades relevantes del proceso de transformación, manufactura de partidas (lotes) y unidades logísticas, de manera única y no ambigua, el identificador es la clave para rastrear su recorrido y acceder a toda la información relacionada disponible. Esta identificación se realiza normalmente en la industria por el grupo comercial que ha experimentado la misma transformación, por partidas (lotes, mismo proceso de producción) o unidades logísticas (mismas condiciones de transporte).

- **Captura de datos y registros**, el manejo de la trazabilidad supone la predefinición de la información capaz de ser registrada a través de la cadena entera. La información deberá ser almacenada y podrá ser de libre acceso de modo que pueda estar disponible en caso de ser solicitada. Los datos pueden ser representados por símbolos de códigos de barras que colecten datos de manera contemporánea, precisa y eficiente en cualquier punto y lugar de la cadena. Estos códigos están asociados a los registros archivados en bases de datos.

- **Manejo de enlaces**, involucra el manejo de los eslabones sucesivos entre partidas manufacturadas y unidades logísticas a través de la cadena entera. Se refiere al control y archivo de todo lo que entra y sale en el proceso de agregación de valor. La pérdida de esta información causa la ruptura o pérdida de la trazabilidad.

- **Comunicación**, implica la asociación del flujo de la información con el flujo físico de los bienes. Cada eslabón debe proveer en las partidas o unidades logísticas los identificadores al siguiente eslabón de la cadena, permitiendo a este último aplicar la trazabilidad en sentido inverso. Los identificadores se asocian a los documentos de embarque, número de serie de contenedores, etc. En este esquema, cada eslabón conserva los registros correspondientes a su fase de la cadena. Los identificadores en los productos son la mínima información que se comunica entre eslabones. Requiere estandarizar el lenguaje común entre actores diferentes interdependientes para una comunicación efectiva.

Los sistemas de trazabilidad son un instrumento que ayuda a las empresas a administrar el flujo de insumos y productos para mejorar la eficiencia, diferenciación del producto, la seguridad de los alimentos, y la calidad del producto (Golan et al., 2004).

2.1.2.3 Aspectos Legales e Institucionales

A diferencia del sistema individual exigido para el ganado bovino, ovino o caprino, en el porcino la trazabilidad se basa en lotes o grupos de animales y es menos exigente.

En la especie porcina el sistema de trazabilidad actual consta de los siguientes elementos (MAGRAMA, 2012):

- Medios de identificación que se aplican sobre el animal.
- Libro de registro de la explotación.
- Bases de datos informatizadas del Sistema Integral de Trazabilidad Animal (SITRAN) que está compuesto por el Registro General de Explotaciones Ganaderas (REGA), Registro General de Movimientos de Ganado (REMO) y el Registro General de Identificación Individual de Animales (RIIA).

En cuanto a la legislación aplicable al porcino se dispone de:

- **Normativa comunitaria:**
 - Directiva 92/102/CEE del Consejo de 27 de noviembre de 1992, relativa a la identificación y al registro de animales.
- **Normativa nacional:**
 - Real Decreto 205/1996 de 9 febrero, por el que se establece el Sistema de identificación y registro de los animales de las especies bovina, porcina, ovina y caprina.
 - Real Decreto 324/2000 de 3 de marzo, por el que se establecen las normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas (Art. 6).

- Real Decreto 360 /2009, por el que se establecen las bases del programa coordinado de lucha, control y erradicación de la enfermedad de Aujeszky.

La identificación y registro del ganado porcino viene regulada por el Real Decreto 205/1996, que es la transposición de la Directiva 92/102, la cual exige marcar los cerdos con un solo crotal auricular o realizar un tatuaje con tinta indeleble, que permita identificar la explotación de procedencia. Por consiguiente, en este caso la trazabilidad de los animales se establece por lotes. Los animales se deben identificar lo antes posible y siempre antes de que abandonen la explotación.

No obstante, con objeto de mejorar el control individual de las reproductoras y evitar la propagación de enfermedades, la legislación sanitaria española relativa al control y erradicación de la enfermedad de Aujeszky, establece que los animales dedicados a la reproducción se deben identificar individualmente mediante un sistema reconocido por las autoridades competentes de las comunidades autónomas. De igual modo debe procederse con los porcinos de raza pura y con los híbridos registrados en un libro genealógico.

En cuanto al libro de registro de explotación, se deben registrar las entradas y salidas de los animales, las explotaciones de origen y destino, y la fecha de los movimientos; por consiguiente, cada vez que se realiza un movimiento de animales, éste debe ser comunicado a la Comunidad Autónoma para su actualización en las bases de datos. Además, el libro de registro de explotación se debe mantener actualizado y a disposición de la autoridad competente durante un periodo de tres años.

2.2 LA IDENTIFICACION ANIMAL

2.2.1 Introducción

Para poder llevar a cabo la trazabilidad de animales y de sus productos, resulta necesario un sistema de identificación. La primera referencia sobre identificación animal se remonta a la antigua Mesopotamia (Luca, 2008), hace unos 4000 años, donde el Código de Hammurabi¹ (1760 años a.C. según la cronología media, basado en principios de la llamada “ley del talión” reconoce ya el uso del marcado animal para garantizar la propiedad. Así la Ley 265 dice: “Si un pastor, a quien le fueron confiadas reses u ovejas para que las apacentara, comete fraude y cambia las marcas del ganado y lo vende, y se lo prueban, lo que hubiese robado, reses u ovejas, lo restituirá 10 veces a su dueño”. Los animales eran marcados al fuego y, para el caso de animales de valor (como los caballos), esta identificación también podía venir acompañada de un registro escrito. No obstante, no se cuenta con una documentación de sistemas oficiales de identificación hasta el siglo XVIII, como es el caso del “Libro de los señales qve cada vno de los señores Ganaderos tiene en svs Ganados” realizado por M. Maza de Lizana en 1722 para la Casa de Ganaderos de Zaragoza (Caja et al., 2004).

En la actualidad, podemos diferenciar dos grandes grupos de métodos de identificación (Caja et al., 2004): los biométricos y los no biométricos. Los métodos biométricos hacen referencia a caracteres biológicos tales como la huella nasal y de las almohadillas plantares,

¹ Es uno de los primeros conjuntos de leyes que se han encontrado y uno de los ejemplos mejor conservados de este tipo de documento de la antigua Mesopotamia. Se presenta como una gran estela de basalto de 2,25 metros de alto. En lo alto hay una escultura que representa a Hammurabi de pie delante del dios del Sol de Mesopotamia, Shamash. Debajo aparecen inscritos, en caracteres cuneiformes acadios, leyes que rigen la vida cotidiana. Fue colocado en el templo de Sippar; igualmente se colocaron varios otros ejemplares a lo largo y ancho del reino. El objeto de esta ley era homogeneizar jurídicamente el reino de Hammurabi. De este modo, dando a todas las partes del reino una cultura común, se podía controlar el todo con mayor facilidad.

las particularidades de la piel y el pelo (manchas, colores, remolinos...), imágenes de la retina e iris y, en especial, la huella genética de ADN (“DNA fingerprinting”). Entre los métodos no biométricos, se pueden destacar el marcaje de orejas (señales) y cola, tatuajes, marcas de pintura, fuego y de frío y, de una manera especial, los crotales o marcas auriculares de metal o plástico y la moderna identificación electrónica.

Para poder determinar la conveniencia en la utilización de un sistema de identificación u otro, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos (Caja et al., 1996; Pedretti, 2004):

- **Conveniencia y facilidad de uso.** Teniendo en cuenta que el número de cabezas de ganado de algunos países puede elevarse incluso hasta la cifra de más de las 10.000 cabezas de ganado, supone un problema de logística mayor.

- **Facilidad de lectura.** El dispositivo de identificación animal debe ser legible en cualquier momento de la cadena de producción. El sistema de identificación a aplicar va a depender de las condiciones de producción y de accesibilidad a la tecnología (Brappat, 1996). La combinación de caracteres alfanuméricos y de códigos de lectura automática (barras, magnéticos, radiofrecuencia), reduce los errores y tiempos de lectura, registro y transmisión de la información (Caja et al., 1996).

- **Durabilidad.** Uno de los puntos más importantes a tener en cuenta en el momento de la aplicación de un sistema de identificación animal, es su durabilidad. Hay que tener en cuenta que hay varios aspectos que pueden alterar o dañar los dispositivos de identificación, tales como secreciones y fluidos corporales (sangre, sudor, grasa corporal...), condiciones climáticas (temperatura, radiación solar), condiciones de producción (tipo de alojamiento y densidad animal) y el propio material usado para la elaboración de la marca o dispositivo de identificación, lo que tiene un gran impacto sobre la resistencia de un sistema de identificación animal.

- **Inocuidad.** Además, hay que tener en cuenta que el sistema de identificación no debe producir efectos negativos en la salud y bienestar del animal y no constituir un riesgo para la salud pública, a través del contacto, contaminación o por cualquier otra ruta.

- **Coste.** Por último no debe olvidarse el aspecto económico. Establecer un sistema de trazabilidad (o de identificación) generalizado necesita un coste equilibrado con sus prestaciones, de forma que permita una optimización de la gestión de los animales y de sus productos (Geers et al., 1997; Artmann, 1999).

2.2.2 Marco Legal de la Identificación en Porcino

En el año 1992 se publicó la Directiva 92/102/CEE, de 27 de noviembre, relativa a la identificación y al registro de animales. La Directiva europea se transpuso al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 205/1996, de 9 de febrero, por el que se establece un sistema de identificación y registro de los animales de las especies bovina, porcina, ovina y caprina (MAPA, 2003).

El Real Decreto 205/1996 establece dos sistemas para la identificación de los porcinos: crotal auricular y tatuaje, en base a los artículos siguientes:

- **Artículo 5.** Principios generales sobre identificación de los animales:
 - La identificación se realizará mediante una marca, consistente en un crotal auricular o un tatuaje, con la excepción prevista en el apartado 2 del artículo 6 (toros de lidia), que permite identificar la explotación de nacimiento, debiendo hacerse mención de dicha marca en los documentos de acompañamiento de los animales.
 - No se quitará ni sustituirá ninguna marca sin la autorización de la autoridad competente. Cuando una marca se haya vuelto ilegible o se haya perdido, se pondrá una

nueva marca de conformidad con lo dispuesto en el presente Real Decreto, reflejando en todo caso el nexo de unión entre la marca de origen y la nueva marca en el libro de registro, de acuerdo con lo previsto en el artículo 4.

- La marca del apartado 1 (referido al Artículo 5) será aprobada por la autoridad competente, estará concebida de manera que no se pueda falsificar, será inviolable, fácilmente leible a lo largo de toda la vida del animal, no podrá volver a utilizarse y no afectará a su bienestar.

- La asignación, distribución y colocación de las marcas será realizada de la forma que determine la autoridad competente.

• **Artículo 7.** Identificación de los animales de la especie porcina: Todos los animales de la especie porcina deberán ser marcados lo antes posible y, en cualquier caso, antes de salir de la explotación con una marca, consistente en un crotal auricular o un tatuaje según lo que establezca la autoridad competente, de similares características a las descritas en el anexo V (en el cual se describen las marcas para el ganado porcino). Dicha marca determinará la explotación de la que proceden los animales y consistirá como mínimo en la secuencia de letras y números que se asigne a la explotación en el orden en que aparecen en el apartado 1 del artículo 3. Para el caso de los animales destinados a intercambios, la marca se completará con la indicación “ES” al comienzo de la secuencia de letras y números.

• **Artículo 9.** Animales procedentes de países comunitarios:

- La autoridad competente podrá decidir que los animales procedentes de un Estado miembro de la Comunidad que lleguen al territorio español sean identificados nuevamente de acuerdo con los requisitos de los artículos 5, 6, 7 y 8, anotándose las marcas sustituidas, junto con las nuevas que se asignen, en las hojas previstas al respecto en el libro de registro contemplado en el artículo 4.

- No se realizará un nuevo marcado según lo previsto en el apartado 1 en el caso de animales destinados al matadero y que se sacrifiquen en el plazo de treinta días.

- Cuando sea necesario obtener información sobre los animales, su explotación de origen y sus posibles movimientos, la autoridad competente lo pondrá en conocimiento del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a efectos de lo dispuesto en el artículo 4 de la Directiva 89/608/CEE, relativa a la asistencia mutua entre las autoridades administrativas de los Estados miembros y la colaboración entre éstas y la Comisión con objeto de asegurar la correcta aplicación de las legislaciones veterinaria y zootécnica relativa a los mismos, a su explotación de origen y a sus posibles movimientos.

- **Artículo 10.** Animales procedentes de países terceros:

- Los animales importados de un país tercero que hayan satisfecho los controles establecidos por el Real Decreto 1430/1992, de 27 de noviembre, por el que se establecen los principios de organización de controles veterinarios y de identidad de los animales que se introducen en la Comunidad y procedentes de países terceros, que permanezcan en territorio español, deberán ser identificados mediante una marca conforme a los artículos 5, 6, 7 y 8, en los treinta días siguientes a los controles mencionados y, en cualquier caso, antes de su movimiento, salvo si el destino fuese un matadero situado en España y se sacrifica el animal en ese plazo de treinta días.

- Las marcas sustituidas, junto con las nuevas que se asignen, se anotarán en el libro de registro contemplado en el artículo 4.

2.2.3 Métodos de Identificación en Porcino

2.2.3.1 Biométricos

La biometría busca reconocer a los individuos de forma automática a partir de sus características biológicas. Por ello, la biometría puede ser una solución no invasiva para la identificación animal (Felmer et al., 2006).

Entre los distintos métodos propuestos, el reconocimiento de la voz o la impresión de la huella plantar o de la mucosa nasal, no han tenido buena aceptación por las dificultades de captar los datos. No obstante, existen otros métodos que se perfilan con mejores ventajas comparativas tales como:

2.2.3.1.1 Reconocimiento del iris

Este método utiliza técnicas de reconocimiento de patrones, los cuales deben haber sido almacenados previamente en una base de datos, de imágenes de alta resolución del iris del ojo. Para ello se usan cámaras de tecnología infrarroja (Figura 3) que, mediante una fina iluminación, reducen el reflejo de la córnea convexa y crean imágenes detalladas de las estructuras del iris. Una vez digitalizadas, estas imágenes se convierten en una reproducción matemática (matriz de pixels con valores) del iris, lo que permite una identificación inequívoca de los individuos.

Figura 3. Equipo de lectura de iris para la especie canina (www.k9eyescan.com)



El método se ha aplicado en perros y caballos de carreras para su identificación y protección contra el robo. Aunque el escaneado del iris es rápido, su uso en identificación animal está limitado a animales adultos debido a que el perfil del iris no se estabiliza hasta varios meses después del nacimiento del animal y puede sufrir modificaciones debido a accidentes y enfermedades (Felmer et al., 2006).

2.2.3.1.2 Reconocimiento de la imagen vascular de la retina

Es un método alternativo al reconocimiento de iris y que ha sido desarrollado en ganadería por la empresa OptiBrand (<http://www.optibrand.com>). Está basado en la característica única e irrepetible del sistema vascular de la retina, el cual se presenta ya formado al nacimiento y no cambia durante la vida del animal (Felmer et al., 2006; Rojas-Olivares et al., 2011). De esta forma, mediante el uso de una cámara ocular digital y un ordenador, se captan con facilidad las imágenes retinales (Figura 4).

Figura 4. Equipo Optireader (www.optibrand.com)



La cámara digital cuenta con un sistema de posicionamiento global (GPS) interno, el cual registra de forma automática la fecha, hora y lugar de la imagen capturada, haciendo a este sistema difícil de alterar. El equipo también tiene la capacidad de añadir otro tipo de informaciones tales como el número de crotal, códigos de tratamientos, códigos de barra de envases de vacunas y medicamentos, etc. para completar la información en los procesos de trazabilidad (Figura 5).

Figura 5. Imagen de la retina de ovino y procedimiento de toma de imágenes (Rojas-Olivares, 2011)



Toda la información generada es almacenada en tarjetas de memoria intercambiables y los datos pueden ser exportados rápidamente en cualquier etapa de la cadena de producción (Felmer et al., 2006). La vascularización ocular es diferente en cada especie en función del patrón vascular encontrado en el fondo (fundus) del ojo (Bellhorn, 1997; Gonzales-Barron y Ward, 2005).

Éste método de identificación ha sido aplicado en bovino y ovino, obteniendo resultados interesantes para la aplicación de un sistema de trazabilidad completo, desde el nacimiento hasta el matadero (Allen et al., 2008; Gonzales-Barron et al., 2008; Rojas-Olivares et al., 2011). No obstante, para el caso del cerdo, aunque presente un patrón vascular retinal visible, aún no se han hecho estudios que demuestren su utilidad en este sector. La posibilidad de que el ojo del cerdo no presente tapetum², unido a las dificultades de manipulación de los animales, podría ser una explicación a ello.

2.2.3.1.3 Marcadores Genéticos (DNA *fingerprinting*)

El ADN presenta un especial interés para la identificación animal. Esto se debe a que el genoma de cada animal contiene alrededor de 3 billones de pares de bases donde las posibilidades de variabilidad de éste y, en consecuencia, de singularidad de cada animal, son enormes (Cunningham y Meghen, 2001). Los animales cuentan así con una estructura genética única e irrepetible (exceptuando a los gemelos monocigóticos y los clones) sirviendo de base para utilizar esta información genética como sistema de identificación animal.

² El *tapetum lucidum* (tapete de luz) es una capa de tejido situada en la parte posterior del ojo de muchos animales vertebrados. El *tapetum lucidum* no está presente generalmente en aquellos animales cuya visión es predominantemente diurna. El ojo humano no lo posee, tampoco la mayor parte de los primates, aves, cerdo, ardillas y canguro rojo. En cambio sí se encuentra en el ojo de los carnívoros que cazan de noche (ej. gato) y precisan tener buena visión en condiciones de escasa luminosidad.

El conocimiento de la estructura del ADN permitió que en 1985 se desarrollara la metodología denominada DNA “fingerprinting” o huella genética, basada en el análisis de secuencias altamente variables situados en el genoma llamadas minisatélites o satélites (Giovambattista et al., 1996). Los microsatélites (“Short Tandem Repeats”) son segmentos cortos de ADN (cuyo tamaño va desde 2 hasta 6 pares de bases) que se repiten en tándem y de forma aleatoria en los seres vivos. A su vez, se ven precedidos por los denominados cebadores (“primers”) que sirven de punto de partida para la replicación del ADN (Figura 7). La variación en el número de repeticiones produce diferentes alelos. Estos fragmentos repetitivos se pueden utilizar como marcadores moleculares para poder diferenciar individuos entre sí (Lodish et al, 1995) gracias a tres características fundamentales (Cheng y Crittenden, 1994):

- Segregan siguiendo un patrón de herencia mendeliana
- Se encuentran distribuidos en todo el genoma
- Se componen de unidades repetitivas conservadas

Figura 7. Estructura de un microsatélite: Ejemplo de repetición de un di-nucleótido AC (n) (Aranguren-Menéndez et al., 2005)



Las características de los microsatélites hacen que sean considerados por la mayoría de los autores como una útil herramienta de discriminación genética entre animales (Blott et al, 1999). Así mismo, la Sociedad Internacional para Genética Animal (ISAG) ha recopilado y recomendado a aquellos microsatélites que proporcionan la mayor información y que sirven como marcadores estándares para la comparación entre distintas especies (Felmer et al., 2006; ISAG, 2012).

El sistema se inicia con la recogida de muestras biológicas del animal lo más pronto posible en la cadena de producción. La recogida de muestras biológicas durante la vida del animal no suele representar un problema ya que sirve cualquier tipo de muestra que contenga ADN. No obstante, por facilidad de manejo, las muestras recogidas en granja suelen centrarse en muestras de pelo (folículo piloso) y en menor medida la sangre (glóbulos blancos) y tejidos (músculo o piel); en las muestras tomadas en matadero, la preferencia es por el músculo, aunque también es posible usar hueso y grasa. Una vez recogidas las muestras, éstas son identificadas, conservadas y finalmente procesadas para obtener el ADN que servirá para establecer el patrón de polimorfismos específico de cada individuo (Felmer et al., 2006; Figura 8).

La metodología establecida para el proceso de recogida de muestras tanto en granja como en matadero, suele basarse en procedimientos diseñados por empresas especializadas en el sector, siendo los más utilizadas los de Biopsytec (www.biopsytec.de; Figura 9) y Typifix (www.prionics.it).

Figura 8. Ejemplo trazabilidad molecular basado la comparación de perfiles de microsatélites como marcadores moleculares dentro de la cadena de la carne (Felmer et al., 2006)

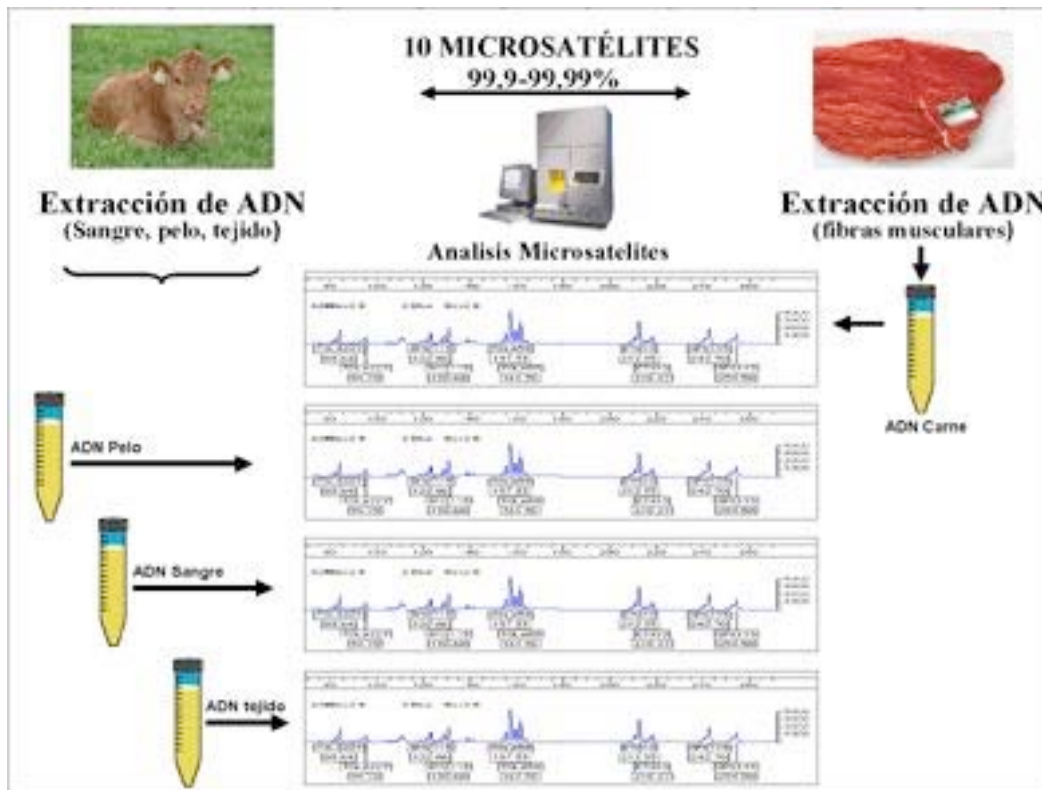


Figura 9. Sistema Biopsytec de identificación y trazabilidad animal (Felmer et al., 2006)



Estos procedimientos se basan en un crotal, compuesto por una parte macho con un código de barras y leyenda (número de crotal) determinado, y una parte hembra modificada que contiene una pequeña cápsula (“samplecap”) que lleva impresa la misma leyenda y código de barras que la parte macho del crotal (Figura 9). Según detalla Felmer et al. (2006), la parte opuesta a la cápsula, lleva fijado en su eje metálico un “proyectil”. En el momento en que el crotal es cerrado, el proyectil pasa a través de la oreja del animal, llevando consigo una pequeña muestra de tejido que es introducida en la cápsula junto al proyectil, el cual actúa a su vez como tapón. De esta manera, la muestra de tejido de la oreja del animal queda encapsulada y sellada evitando toda posibilidad de manipulación. En el momento en que el crotal es fijado a la oreja, la cápsula sellada conteniendo la muestra de tejido se separa del resto del crotal fijándose el dispositivo de identificación en la oreja del animal. La cápsula sólo puede ser abierta rompiéndola, por lo que la probabilidad de error o adulteración queda descartada. Para asegurar la trazabilidad de la carne de aquellos animales a los que se tomó una muestra biológica en granja, será necesario hacer una toma de muestra posterior en la correspondiente carne. Para ello es necesario volver a aplicar el procedimiento de muestreo detallado anteriormente pero aplicándolo en este caso a los tejidos de la canal. En éste segundo proceso también se procederá a la identificación, almacenamiento y determinación del perfil específico de ADN.

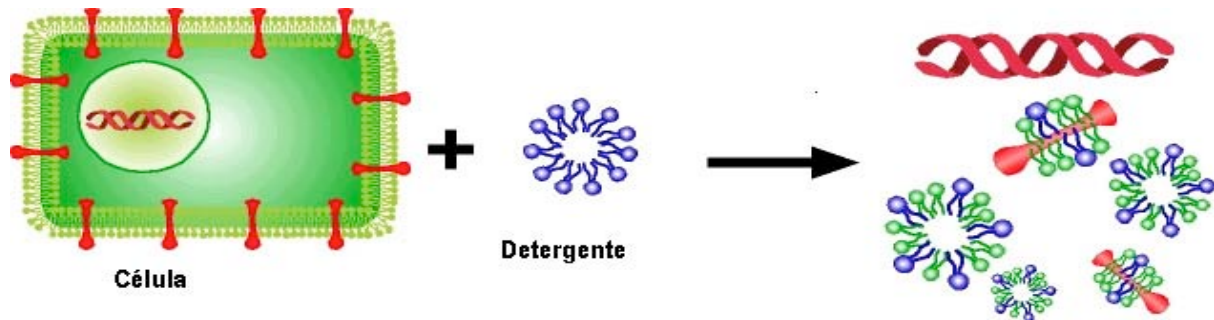
La determinación de los perfiles de ADN de las muestras recogidas se realiza siguiendo los siguientes pasos:

- Extracción y purificación del ADN de las muestras mediante protocolos específicos (Jean-Pierre, 1987; Miller et al., 1988; Sambrook et al., 1989; Somma, 2005). Para realizar una correcta purificación y extracción del ADN es necesario seguir las siguientes etapas (www.microbial-systems.com):

- Lisis del material biológico: Las sales caotrópicas desestabilizan las estructuras moleculares que se mantienen mediante interacciones electrostáticas o hidrofóbicas, fuerzas de van der Waals, interacciones, puentes de hidrógeno, etc. Estas sales, al ser solutos en una disolución, rompen la estructura tridimensional de las proteínas o los ácidos nucleicos, consiguiendo su desnaturalización. Su acción se completa con la adición de un detergente, como el SDS, que es necesaria para eliminar las membranas (Figura 10).

- Degradación de la fracción proteica asociada al ADN. Se consigue mediante la adición de una proteasa. La fracción proteica puede precipitarse mejor con la ayuda de sales como el acetato de amonio o el acetato sódico.

- Purificación. Consta de 3 pasos, correspondientes a: 1) Precipitación del ADN: Debido a que el ADN es insoluble en alcohol, se puede precipitar usando etanol frío o isopropanol y recuperarlo mediante centrifugación. El alcohol del sobrenadante se lleva las sales añadidas. 2) Lavado del pellet: Se realiza con alcohol frío, volviendo a centrifugarse. 3) Recuperación: El sedimento se resuspende en agua o tampón “Tris” tras ser secado completamente. También puede realizarse con la ayuda de minicolumnas equipadas con una membrana de sílice que retiene específicamente el ADN, permitiendo el paso de las moléculas y sales que acompañan la reacción de lisis. Finalmente se lava con alcohol y se eluye el contenido.

Figura 10. Rotura de la membrana celular y extracción del ADN genómico (Somma, 2005)

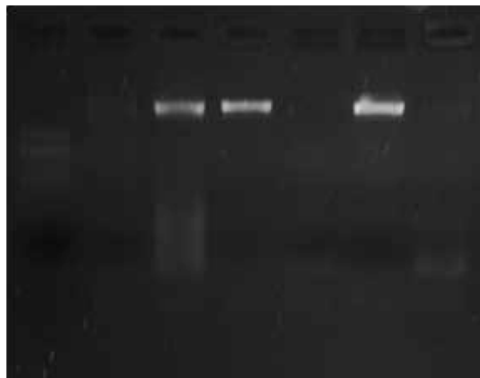
- **Amplificación:** La amplificación del ADN purificado se realiza mediante la reacción en cadena de la polimerasa o PCR (Polymerase Chain Reaction) indicada por Mullis et al. (1986). No obstante, la PCR puede ser realizada “a tiempo real” o “a punto final” según el objetivo del análisis (cualitativo o cuantitativo). La PCR es una técnica de biología molecular cuyo objetivo es obtener un gran número de copias de un fragmento de ADN particular usando primers o cebadores específicos (secuencias de oligonucleótidos) para una secuencia de ADN dada (Saiki et al., 1985). Tal y como se indicó al inicio de este apartado, los primers corresponden a los dos extremos del segmento de ADN objetivo, el cual es amplificado exponencialmente utilizando una polimerasa termoestable (Holst-Jensen et al., 2003; Schreiber, 1999). No obstante, debe tenerse en cuenta que existen contaminantes capaces de inhibir la amplificación del ADN mediante PCR (Somma, 2005; Tabla 4) perjudicando consecuentemente la posterior etapa de amplificación de los microsatélites. Con objeto de evitar los falsos negativos debidos a la presencia de inhibidores de la PCR en la muestra, se recomienda realizar un experimento de control de la inhibición de la PCR, que suele hacerse mediante PCR específica para cada especie (Somma, 2005).

Tabla 4. Inhibidores de la PCR (Somma, 2005)

Inhibidor	Concentración de inhibición
Dodecilsulfato sódico	> 0,005 %
Fenol	> 0,2 %
Etanol	> 1 %
Isopropanol	> 1 %
Acetato de sodio	> 5 mM
Cloruro de sodio	> 25 mM
EDTA	> 0,5 mM
Hemoglobina	> 1 GM/ml
Heparina	> 0,15 UI/ml
Urea	> 20 mM
Mezcla de reacción	> 15 %

- **Secuenciación:** Permite establecer el patrón de los polimorfismos y moléculas de ADN, empleando estándares de peso molecular adecuado, otorgando identidad a las muestras analizadas (Folch et al., 2004). Para la detección y diferenciación de los microsatélites se pueden utilizar dos sistemas en función del proceso escogido: Si se ha realizado PCR a punto final, es necesario efectuar una electroforesis en gel de agarosa y posterior tinción con bromuro de etidio y observación con luz UV o directamente al espectrofotómetro mediante espectro de absorción de 200 a 350 nm. (Figura 11). Por el contrario si se ha realizado una amplificación con PCR a tiempo real, el análisis se lleva a cabo a través del software del equipo.

Figura 11. Ejemplo de electroforesis en gel de agarosa al 2% con bromuro de etidio de fragmentos de ADN con PCR (Giraldo y Castaño, 2009)



Actualmente, existen secuenciadores automáticos de microsatélites por electroforesis capilar que reducen el trabajo manual y la lentitud del análisis por geles de poliacrilamida, realizando el trabajo de forma automática y rápida (Chávez et al., 2004). El sistema se basa en el uso de oligonucleótidos marcados con distintos compuestos químicos fluorescentes (Felmer et al., 2006). Mediante PCR y usando estos oligonucleótidos, se amplifican los microsatélites, pudiendo ser analizados simultáneamente por el secuenciador automático debido a que, además de discriminarlos por tamaño, éste puede identificarlos por la fluorescencia que emite el fluoróforo particular que lleva cada microsatélite (Felmer et al., 2006).

Con el fin de diseñar un programa de trazabilidad molecular, una vez determinados los perfiles de ADN de las muestras recogidas en granja (muestra del tejido de la oreja del animal) y en matadero (muestra de carne), ambos son comparados entre sí. En el caso de que ambas huellas genéticas sean idénticas, se considera que son del mismo individuo; en caso contrario, se considera que la muestra “problema” analizada no proviene del animal con el que fue comparada.

Por otro lado, cabe destacar que, en el caso particular del porcino, se dispone de laboratorios de genética molecular que se encargan de realizar análisis genéticos de marcadores relacionados con varios parámetros tales como (Rothschild, 2003): la calidad de carne y estrés (HAL o RYR 1), calidad de carne (RN), tamaño de camada (PRLR y ESR), la resistencia a diarreas postdestete (F18 E. Coli), crecimiento y musculatura (IGF2), eficiencia de conversión alimentaria (MC4R), color de la capa (MC1R) y infiltración grasa del músculo (HFABP y AFABP), entre otros. Este tipo de análisis permite al productor realizar una evaluación de sus animales mediante la selección asistida por genes.

2.2.3.2 No Biométricos

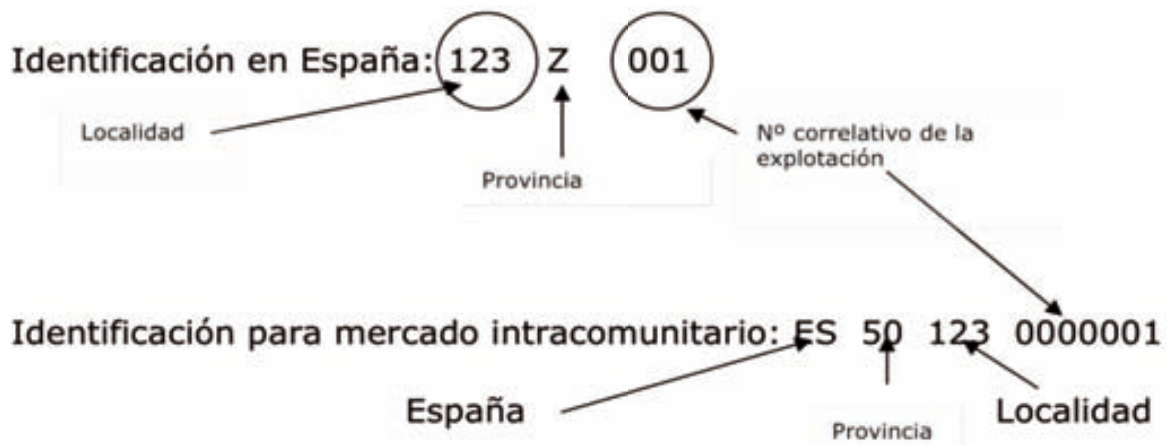
2.2.3.2.1 Identificación Visual: Tatuajes, Muecas y Crotales

- **Tatuajes.** Es un método de identificación permanente basado en el uso de combinaciones de números y letras que se imprimen con tinta en la piel del animal. Para ello se utilizan caracteres metálicos con agujas afiladas y unas tenazas que presentan unas ranuras especiales para su colocación. Una vez definido el grupo de números y letras deseado, se realiza su impresión presionado sobre la piel del animal (normalmente la oreja), lo que produce pequeñas perforaciones en la piel. A continuación se frota la zona perforada con una tinta no biodegradable (normalmente en color negro, azul o verde) que, al cicatrizar la piel, producirá el tatuaje. El método no es plenamente satisfactorio en cerdos debido a limitaciones de legibilidad al final del ciclo productivo y en el matadero según Hernández-Jover et al. (2008; 63 a 74%). Felmer et al. (2006) indica además que su principal desventaja es su escasa visibilidad a distancia, por lo que no es recomendable como único sistema de identificación.

Finalmente, cabe destacar que no es un sistema de identificación animal reconocido internacionalmente a modo oficial.

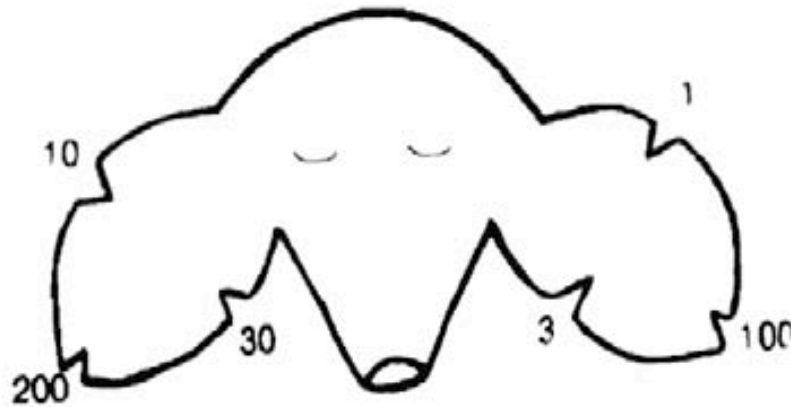
Tal y como se ha comentado en el apartado del marco legal de la identificación, los tatuajes por lote, más fáciles de aplicar, deben contener en España: la identificación de la provincia, de la localidad y de la explotación. Además, en el caso de intercambios intracomunitarios debe añadirse al principio “ES” (Figura 12).

Figura 12. Descripción de la marca por tatuaje para el ganado porcino en España detallado en el Anexo V del Real Decreto 205/1996 (www.vetaragon.net)



- **Muecas o señales.** Consisten en una serie de incisiones en las orejas del cerdo, con una previa codificación de los cortes utilizando como sistema de diferenciación la posición en la oreja y la oreja utilizada. La Asociación Española de Criadores de Ganado Porcino Selecto Ibérico y Tronco Ibérico (AECERIBER) establece éste sistema de identificación como válido sólo para la identificación de lechones de cerdo ibérico (Figura 13) proporcionando a su vez un código patrón preestablecido para llevarlo a cabo (AECERIBER, 1995).

Figura 13. Esquema de numeración de muescas en las orejas del cerdo ibérico (AECERIBER, 1995)



- **Crotales.** Juntamente con los tatuajes y las muescas, los crotales son el sistema de identificación más utilizado en la industria porcina. Se trata de un método de aplicación muy fácil y rápida. Los crotales pueden ser plásticos o metálicos y constan de una pieza hembra y otra macho (con una punta que servirá de anclaje para la pieza hembra, fijando de este modo el crotal a la oreja del animal; las características de los crotales son específicas de cada especie y están fijadas en la legislación (Figura 14). El crotal se coloca mediante una aplicador; una especie de alicates que al presionarlos perforan la oreja del animal a la que el crotal queda fijado (Figura 15). Es un método de identificación barato y se pueden conseguir crotales en diferentes colores y con números impresos, facilitando así la identificación del animal. También existen crotales que constan de códigos de barra impresos haciendo posible una lectura automática y el registro de los datos en granja.

Hay que tener en cuenta que una mala aplicación de los crotales puede causar problemas (heridas, inflamaciones, desgarros, etc.) en la oreja del animal o aumentar los riesgos de pérdida.

Figura 14. Características físicas de crotales para equino (Real Decreto 1515/2009)

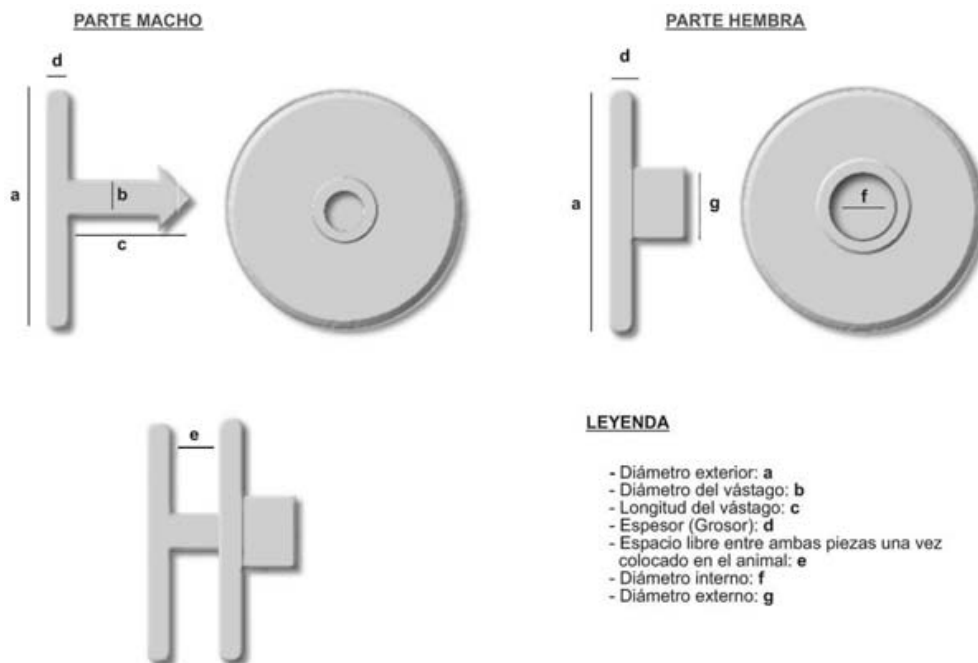


Figura 15. Modelo aplicador (www.datamars.com)



2.2.3.2.2 Identificación Electrónica y los Sistemas de Radiofrecuencia

La necesidad de disponer de métodos de identificación animal que faciliten la trazabilidad de sus productos y que puedan ser usados globalmente despertó el interés por la identificación

electrónica (IDE) mediante dispositivos pasivos de radiofrecuencia que utilizan radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

Según las bases establecidas por MAGRAMA (2012), algunas de las características que dotan de importancia a la identificación electrónica animal son:

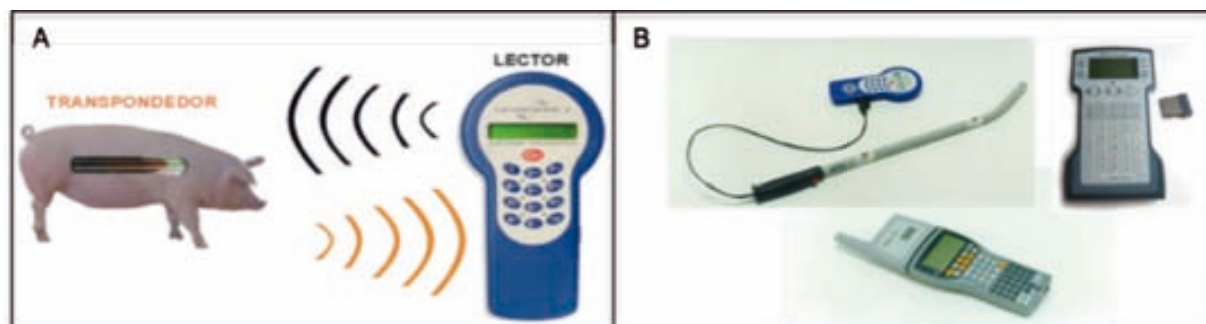
- Estandarización a nivel mundial en base a las normas ISO.
- Automatización y mejora de la gestión de trabajos y actividades ganaderas.
- Inviolabilidad del código para la identificación individual.
- Trazabilidad garantizada de los alimentos de origen animal.

Los sistemas de identificación electrónica por radiofrecuencia³ (RFID) están constituidos por dos elementos fundamentales: por un lado tenemos un dispositivo electrónico pasivo de pequeño tamaño llamado “transpondedor” y por otro lado, tenemos el llamado “transceptor” o unidad de lectura que se encarga de detectar al transpondedor y hacer visible su código (Figura 16). El término transpondedor deriva de las palabras inglesas transmit (transmisión) y respond (respuesta) y define a los dispositivos electrónicos capaces de almacenar y posteriormente transmitir una información o código que servirán para identificar de manera individual a un animal portador del mismo. Los elementos que constituyen un transpondedor son un circuito electrónico integrado conectado a un chip de silicio (donde se graba la información), un condensador (almacenador de energía) y una antena compuesta de una bobina de cobre sobre un núcleo de ferrita para aumentar su eficacia (Caja et al., 1998; Conill, 1999; Caja et al., 2000; Ribó et al., 2001). Por lo contrario, los lectores o transeptores, son equipos electrónicos de mayor complejidad cuyo núcleo fundamental es un módulo de

³ Cada una de las frecuencias de las ondas electromagnéticas empleadas en la radiocomunicación.

radiofrecuencia encargado de la emisión, recepción e interpretación de una señal de radiofrecuencia con la ayuda de una antena (Caja et al., 2002).

Figura 16. A: Sistema de RFID; B: Modelos de trancivers (www.porcat.org)



Según Caja et al. (1998), los requisitos fundamentales que debe tener un sistema de IDE son una correcta lectura a distancia y en animales en movimiento; que presente un funcionamiento pasivo (sin baterías), larga duración y seguridad para animales y humanos; facilidad en el uso de una señal codificada y procesable por ordenador de forma que permita la gestión automática de datos; ausencia (o muy baja) incidencia de errores de identificación y fallos de lectura ; resistencia a las condiciones ambientales y de uso en los animales durante toda su vida productiva y a las condiciones de matadero; y finalmente, que tenga un coste asumible por la cadena productiva.

Por otro lado, existen distintos sistemas RFID que se pueden clasificarse atendiendo a diferentes criterios (Caja et al., 1998):

- Según la fuente de energía:
 - Activos: Se alimentan por una batería, teniendo una mayor distancia de lectura y capacidad de memoria. Como inconvenientes presentan su mayor tamaño y coste, así como un tiempo de vida limitado según la batería.

- Pasivos: No tienen batería; la energía de funcionamiento la obtienen por inducción cuando se activa la antena o bobina con las ondas electromagnéticas emitidas por el propio lector. Son dispositivos más ligeros, baratos y en teoría con una vida ilimitada. Como inconvenientes tienen la menor distancia de lectura que los activos y requieren lectores más potentes.

- Según la información grabada en el transpondedor:

- De sólo lectura (R o RO, read only): El acceso al conjunto de bits del transpondedor está cerrado y es inalterable.

- Lectura-Escritura (R/W, read and write): El conjunto de bits del transpondedor está abierto y se puede modificar.

- Según la frecuencia utilizada:

Frecuencia de banda	MHz	Longitud de onda	Propiedades	Uso en la práctica
Baja	0.03 – 0.3	Larga	Gran penetración en todos los materiales no metálicos. Baja radiación. Coste medio.	Marcado interno y externo de animales (100-150 kHz).
Media	0.3 – 3	Media	Baja penetración. Radiación y calentamiento de tipo intermedios. Coste medio.	Marcado externo de animales y objetos (próxima a 1 MHz)
Alta	3 – 30	Corta	Baja penetración (no legible a través de líquidos). Radiación y calentamiento de tipo intermedios. Coste bajo.	Marcado externo de animales y objetos (10-15 MHz)
Muy alta	30 – 300	Ultracorta	Muy baja penetración. Elevada radiación y calentamiento. Coste muy bajo.	Marcado externo de objetos (3-5 GHz)

- Según el tipo de comunicación utilizado:
 - Half-duplex (HDX): Media duplicidad, en la que el canal utilizado para la comunicación entre el lector y el transpondedor es bidireccional pero no simultánea, es decir, el lector emite la onda de radiofrecuencia, se para, y espera la respuesta del transpondedor.
 - Full-duplex B (FDX): Completa duplicidad, en la que el canal que se utiliza para la comunicación entre el lector y el transpondedor es bidireccional y simultánea, permaneciendo activo durante toda la comunicación, es decir, el lector emite la onda de radiofrecuencia y decodifica la onda emitida por el transpondedor simultáneamente.

En el caso del porcino, tal y como ocurre en otras especies, los transpondedores pueden ser colocados en el exterior o en el interior de los animales (Figura 17). Los exteriores, en general, están incluidos en un material plástico protector para ser aplicados como crotales convencionales en las orejas de los animales mediante el mismo mecanismo de fijación descrito anteriormente (Figura 15). Por el contrario, los transponders internos empleados en el cerdo, pueden ser inyectados directamente bajo la piel de los animales.

A continuación se describen los tipos de identificadores electrónicos más comunes para el sector porcino:

- **Crotales Electrónicos**

Se trata de transpondedores recubiertos de material plástico, normalmente en forma de botón y utilizados como pieza hembra de los crotales plásticos convencionales. Son capaces de ser aplicados en las orejas de los animales mediante un dispositivo de fijación (Figura 18 A y 18C).

Figura 18. Sistemas de identificación electrónica exterior e interior empleados en el sector porcino. A: Crotales electrónicos (www.asaza.es); B: Modelo de transpondedor inyectable (www.asaza.es); C: Aplicador universal para crotales (www.datamars.es); D: Aplicador para transpondedores inyectables (www.felixcan.com)



Se han realizado diversos estudios sobre los resultados del uso de crotales a los largo de la cadena de producción electrónicos en porcino (Tabla 5). Los resultados publicados, empleando diferentes tipos de crotales electrónicos, indican un rango total de pérdidas y de fallos electrónicos en el periodo de granja comprendido entre el 0.16 y el 16.9% siendo el valor más bajo el de Huskies et al. (2000) y el más elevado de Gosálvez et al. (2007; en cerdo ibérico). Merecen además especial mención los valores intermedios obtenidos por Babot et al. (2006), Hernández-Jover (2006) y Burose et al. (2009).

Para el caso del total de pérdidas durante el transporte, las referencias existentes al respecto indican valores totales entre 0 (Gosálvez et al., 2007) y 2.0% (Hernández-Jover, 2006). Destacan también los valores intermedios obtenidos por Babot et al. (2006; 1.3 y 1.4 %).

Finalmente, para el caso de pérdidas totales en matadero, los valores publicados hacen referencia a un rango entre el 0 y 12.1%, siendo el menor valor el de Gosálvez et al. (2007) y el mayor el de Santamarina et al. (2007). No obstante, cabe destacar que en todos los casos las máximas pérdidas están relacionadas con el tipo de tecnología utilizada. Es decir, parece que el efecto “tipo de tecnología” podría ser un factor condicionante de la integridad de la trazabilidad en la cadena de producción porcina, observando que la tecnología HDX presenta mayor eficiencia que la FDX-B. En la Tabla 5 se puede observar que los mayores porcentajes de trazabilidad final (desde el nacimiento o destete hasta la canal) se obtuvieron mediante el uso de crotales con tecnología HDX con un 94.0% (Hernández-Jover, 2006) y un 91.4% (Santamarina et al., 2007), respectivamente. No obstante, de Burose et al. (2009) indicó un mayor efecto del tipo de alojamiento que el del fabricante o el diseño del dispositivo usado, obteniendo resultados de trazabilidad final mas variables (80.6 a 99.8%) y concluyendo que ninguno de los dos factores influía en los resultados de la trazabilidad final en la práctica. Así mismo, Huiskes et al. (2000), en un proyecto de gran escala, obtuvo unos resultados de pérdidas y fallos electrónicos del 0.16% señalando también la posible influencia de las condiciones de producción.

Tabla 5. Resultados obtenidos a partir de estudios realizados sobre el uso de crotales electrónicos en la producción porcina en función del tipo de tecnología. EF: tecnología full-duplex B; EH: tecnología half-duplex (Grassi et al., 2012)

Item	Huskies et al. (2000)		Babot et al. (2006)		Hernández-Jover (2006)		Gosálvez et al. (2007) ¹		Santamarina et al. (2007)		Burose et al. (2009)	
	EF	EH	EF	EH	EF	EH	EF	EH	EF	EH	EF	EH
En granja (%)												
Pérdidas	0.16		1.1	1.0	1.8	1.3	3.9	0.0	–		0.7	–
Fallos electrónicos	0.0		0.6	1.7	0.0	0.0	5.1	16.9	–		0.5	–
Total no leíbles	0.16		1.7	2.7	1.8	1.3	9.0	16.9	–		1.2	
En transporte (%)												
Pérdidas	–		1.4	0.8	2.0	0.7	0.0	0.0	–			–
Fallos electrónicos	–		0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	–			–
Total no leíbles	–		1.4	1.3	2.0	0.7	0.0	0.0	–			–
En matadero (%)												
Pérdidas	4.0	2.5	–	–	7.6	2.7	0 – 3.8	0 – 8.5	11.5	3.5		–
Fallos electrónicos	0.0	0.9	–	–	0.8	1.4	0.0	0.0	0.6	1.1		–
Total no leíbles	4.0	3.4	–	–	8.4	4.1	0 – 3.8	0 – 8.5	12.1	4.6		–
Trazabilidad en ganja y transporte (%)	–		96.7	95.9	96.8	98.0	91.0	83.1	–			–
Tazabilidad final (%)	–		–		87.5	94.0	75.2 – 91.0	45.3 – 83.1	84.5	91.4		–

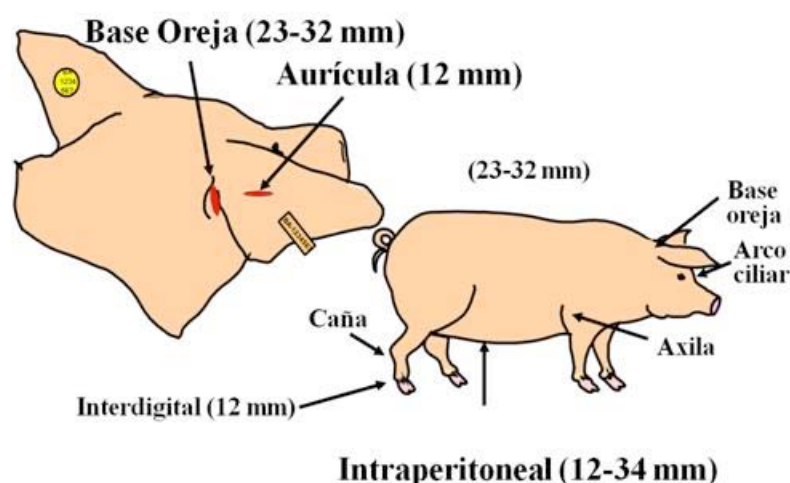
¹Cerdo ibérico en condiciones semiextensivas.

- **Transpondedores Inyectables**

En este caso, el transpondedor se encuentra encapsulado por un cristal o plástico biocompatible cuyo diseño permite ser aplicado bajo la piel del animal haciendo uso de un aplicador especialmente habilitado para ello. Se trata de un dispositivo fácil de aplicar, que se puede administrar a cualquier edad y que permite su aplicación en distintas zonas (Figura 18B 18D).

Éste tipo de transpondedores han sido utilizados en varias especies tales como el ovino (Caja et al., 1996; Conill et al., 2000, 2002; Pinna et al., 2005b) y caprino (Carné et al., 2009a; Carné, 2010) y existen estudios en los que se describen las distintas zonas de aplicación subcutánea posibles (base de la oreja, pierna, axila, el pecho, la cola de base, etc.) de estos sistemas de identificación animal en ganadería (Caja et al., 1998b; Conill et al., 2000, 2002; Carné et al., 2009a), tal como se recoge en la Figura 19.

Figura 19. Posiciones de inyección para los transpondedores inyectables en la identificación electrónica en la especie porcina (Caja et al., 2000)



Estudios realizados en la especie porcina con transpondedores inyectables subcutáneos en diferentes posiciones corporales, han demostrado que permiten una mejor identificación en comparación con los métodos de identificación tradicionales. Sin embargo, los resultados de retención obtenidos presentan una gran variabilidad según la zona corporal, siendo las mejores posiciones la aurícula (pabellón auricular) y la base de oreja (Lambooi y Merks, 1989; Babot et al., 2006; Hernández-Jover, 2006). En la Tabla 6 se pueden observar que, de acuerdo con los últimos datos publicados en porcino, los dispositivos de identificación más eficaces, en cuanto a transpondedores se refiere, son los de tipo inyectable. Estos datos hacen referencia a los resultados trazabilidad final (desde la granja hasta matadero) obtenidos por Santamarina et al. (2007).

Tabla 6. Comparativa de resultados de trazabilidad porcina en función del tipo de dispositivo electrónico aplicado (Santamarina et al., 2007)

Item	Crotales Convencionales (no electrónicos)		Crotales Electrónicos		Transpondedores Inyectables	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 1	Tipo 2
Cerdos sacrificados, N°	657	643	636	632	645	642
Matadero (%)						
Pérdidas	3.0	4.4	3.5	11.5	0	0
Fallos electrónicos	–	–	1.1	0.6	–	–
Total no leídos	3.0	4.4	4.5	12.2	0	0
En granja, transporte y matadero (%)						
Total no leídos	4.3	4.4	8.6	15.5	1.7	1.9
Trazabilidad final (%)	95.7	95.6	91.4	84.5	98.3	98.1

Como resultado de este estudio, se puede afirmar que los transpondedores inyectables podían cumplir con los mínimos de retención requeridos por ICAR (2011) ya que presentaron valores superiores al 98%. No obstante, en el estudio de Santamarina et al. (2007) también se recomienda el uso de una doble identificación, haciendo una combinación entre el

transpondedor inyectable y un dispositivo convencional (no electrónico) para maximizar los valores finales de trazabilidad.

CAPITULO 3: OBJETIVOS

CAPITULO 3

OBJETIVOS

La presente tesis tiene por objeto el estudio de la implementación de un sistema de trazabilidad global basada en el uso de crotales electrónicos y marcadores moleculares para la cadena de la carne porcina.

Los objetivos específicos fueron:

1. Valorar el uso de la identificación electrónica (mediante crotales electrónicos) y marcadores moleculares de ADN (mediante microsatélites) en producción porcina, como herramientas de un sistema de trazabilidad global.

1.1. En condiciones de granja y de laboratorio.

1.1.1. Estudio del comportamiento (pérdidas y fallos electrónicos) de 3 tipos de crotales electrónicos dotados con tecnología full-duplex B (2) y half-duplex (1), durante los periodos de crecimiento y engorde en granja y de transporte hasta matadero, bajo condiciones comerciales y experimentales.

1.1.2. Estudio de las características físicas (dimensiones y fuerza de separación) y electrónicas (mapas y distancias de lectura en condiciones estáticas) de los crotales electrónicos en condiciones de laboratorio.

1.1.3. Resultados de trazabilidad en granja y transporte de los crotales electrónicos estudiados.

1.2. En condiciones de matadero, trazabilidad global y auditoría de las canales.

1.2.1. Estudio del comportamiento (pérdidas y fallos electrónicos) de los crotales electrónicos llegados de granja en condiciones de matadero experimentales y comerciales.

1.2.2. Evaluación de la trazabilidad en matadero y global (desde el nacimiento o destete hasta la canal).

1.2.3. Auditoría del sistema de trazabilidad implementado mediante análisis de ADN (microsatélites) en biopsias de oreja tomadas en granja y muestras de carne tomadas al final de la línea de sacrificio.

2. A título complementario, como fruto de la estancia de la doctoranda en el centro INRA AgroParisTech de Paris bajo la dirección de la Dra. Jocelyne Porcher, y con la finalidad de satisfacer los requisitos necesarios para la obtención del grado de Doctor/a con Mención Europea, se realizó un análisis sociológico de un segmento ganadero francés reticente al uso de la identificación electrónica.

El objetivo de este trabajo, a modo de contra-punto de la parte anterior de la Tesis, fue hacer un estudio de la situación en cuestión para conocer sus argumentos y reflexionar sobre si existen otras posibilidades a ofrecer como opción sostenible de identificación animal y trazabilidad a este sector ganadero en particular.

CAPITULO 4: ELECTRONIC IDENTIFICATION DEVICES IN PIGS
ON-FARM AND LABORATORY PERFORMANCES

CAPITULO 4

Article 1: Implementing a traceability system for the pig chain based on Electronic ear tags and molecular markers: On-farm and Laboratory performances.

Artículo 1: Implementación de un sistema de trazabilidad dentro de la cadena de producción porcina mediante el uso de crotales electrónicos y marcadores moleculares: En granja y características en laboratorio.

4.1 RESUMEN

Un total de 1,540 cerdos fueron utilizados para evaluar un sistema de trazabilidad basado en radiofrecuencia (RFID) y marcadores moleculares. Se usaron tres tipos de crotales electrónicos y se compararon en 3 experiencias. En la experiencia 1, los cerdos (n = 1,033) fueron identificados al nacimiento con crotales EF1 (full-duplex B) y se recogieron 30 biopsias para la posterior auditoria. No se detectaron pérdidas de EF1 hasta el destete (trazabilidad, 100%). Los cerdos destetados (n = 933) fueron engordados en una granja comercial y el resto fueron vendidos para la cría o sacrificio. De los cerdos destinados a matadero (n = 719), 45 EF1 se perdieron o tuvieron fallos electrónicos durante el periodo de granja (6.3% de pérdidas; trazabilidad 93.7%). Además, 20 EF1 se perdieron o fallaron electrónicamente durante el transporte a matadero (3.0% de pérdidas), lo que resulto un 91.0% de cerdos trazados (n = 654) desde el nacimiento hasta la entrada a matadero. En la experiencia 2, se utilizaron 133 cerdos destetados e identificados con crotales electrónicos EH (half-duplex) de los cuales se recogieron 56 biopsias. El proceso de engorde y de sacrificio (n

= 131) se realizaron bajo condiciones experimentales. Las pérdidas de EH en granja fueron del 1.5% (no se detectaron fallos electrónicos) y no se observaron pérdidas durante el transporte, lo que resultó un 98.5% de cerdos trazados ($n = 129$). En el experimento 3, un total de 374 cerdos destetados fueron identificados con 3 tipos de crotales electrónicos: EF1 ($n = 151$), EF2 (full-duplex B, $n = 140$) y EH ($n = 162$). Mismamente, se recogieron 97 biopsias. El proceso de engorde se realizó bajo las mismas condiciones de la experiencia 1 y se monitorizaron 340 dispositivos desde la granja hasta sacrificio. Según el tipo de crotal electrónico (EF1, EF2 y EH), las pérdidas en granja fueron de 0, 1.9 y 0.9%, y los fallos electrónicos fueron 5.0, 5.6 y 0.9%. No hubo diferencias significativas en cuanto a la trazabilidad en granja para EF1 y EF2 (95.0 y 92.5%, $P > 0.05$), pero sí para EH (98.2%, $P < 0.05$), respectivamente. Las pérdidas en transporte fueron de 1.8, 2.0 y 0.9%, y los fallos electrónicos fueron de 3.5, 3.0 y 0.9%, respectivamente. La trazabilidad hasta entrada a matadero fue menor ($P < 0.05$) para EF1 y EF2 (89.9 y 87.9%) que para EH (96.5%), respectivamente. Paralelamente, se recogieron diez crotales electrónicos de cada tipo a través de los experimentos para someterlos a pruebas de laboratorio. La fuerza de separación entre la pieza hembra y la pieza macho de los crotales fue mayor en la experiencia 3 que en el experiencia 1 y 2 ($P < 0.05$), lo que indica una fabricación mejor. Las distancias de lectura variaron dramáticamente según el modelo del transeptor, la tecnología del dispositivo y su orientación hacia la antena (0.5 hasta 27.6 cm). En conclusión, los crotales electrónicos EH se desempeñaron mejor que EF1 y EF2 como identificadores para cerdos desde la granja hasta el matadero. Se recomienda el uso de crotales RFID de calidad para la implementación de un sistema de trazabilidad total en la industria porcina.

4.2 ABSTRACT

A total of 1,540 pigs were used to assess on a traceability system based on radiofrequency (RFID) devices and molecular markers. Three types of plastic button RFID ear tags were compared in 3 experiments. In Exp. 1, pigs ($n = 1,033$) were RFID at birth with EF1 (full-duplex B transponder) and a sample of 30 piglets was biopsied for auditing. No EF1 losses were reported until weaning (traceability, 100%). Weaned pigs ($n = 933$) were fattened in a commercial farm and sold for breeding or slaughtered. In the pigs intended for slaughter ($n = 719$), 45 EF1 were lost or failed during on-farm period (6.3% losses; traceability, 93.7%). Additionally, 20 EF1 were lost or failed during transportation to slaughterhouse (3.0% losses), resulting in 91.0% traced pigs ($n = 654$) from birth to slaughterhouse entrance. In Exp. 2, 133 pigs were RFID at weaning with EH (half-duplex transponder) and 56 pigs biopsied. Fattening and slaughtering ($n = 131$) were done in an experimental farm. On-farm EH losses were 1.5% (no failures) and no losses occurred during transportation, resulting in 98.5% traced pigs ($n = 129$). In Exp. 3, a total of 374 pigs were RFID at weaning with 3 types of RFID ear tags: EF1 ($n = 151$), EF2 (full-duplex B transponder; $n = 140$) and EH ($n = 162$). Single ear tags were applied per ear and 97 pigs were biopsied. Fattening was done as in Exp. 1 and 340 ear tags monitored until slaughtering. By ear tag type (EF1, EF2 and EH), on-farm losses were 0, 1.9 and 0.9%, and electronic failures were 5.0, 5.6 and 0.9%. On-farm traceability did not differ for EF1 and EF2 (95.0 and 92.5%; $P > 0.05$) but increased for EH (98.2%, $P < 0.05$), respectively. Transportation losses were 1.8, 2.0 and 0.9%, and electronic failures were 3.5, 3.0 and 0.9%, respectively. Final traceability until slaughterhouse entrance was lower ($P < 0.05$) for EF1 and EF2 (89.9 and 87.9%) than for EH (96.5%), respectively. Ten ear tags of each type were collected across experiments for laboratory testing. Separation strength of male and female ear tag pieces was greater in Exp. 3 than in Exp. 1 and 2 ($P <$

0.05), indicating a better manufacturing. Reading distances varied dramatically according to transceiver's model, device's technology and orientation towards their antenna (4.4 to 27.6 cm). In conclusion, the EH performed better than EF1 and EF2 for tracing pigs from farm to slaughterhouse. The use of quality RFID ear tags was recommended for implementing a total traceability system in the pig industry.

4.3 INTRODUCTION

Traceability became essential for safeguarding human and animal health after recent disease outbreaks, worldwide spread of food-borne diseases and detection of improper substances in the food chain (Cheek, 2006). The use of permanent and reliable identification devices is a primary requirement for traceability.

As a result of the fast evolution of the radio frequency technology (Caja et al., 1997; Kampers et al., 1999; Ruiz-Garcia et al., 2011), radio electronic identification (RFID) devices for automatic identification and data capture have been tested (Bryant et al., 2006; Ryan et al., 2010) and are currently available for livestock (ICAR, 2012). Use of RFID devices (i.e., injectable, ear tag, leg band and rumen bolus) have been evaluated in livestock as an alternative to visual identification (Conill et al., 2000; Babot et al., 2006; Carné et al., 2009).

In the case of pigs, RFID ear tags and injectables have been compared from weaning to slaughter (Babot et al., 2006; Gosalvez et al., 2007; Burose et al., 2009). These authors concluded that RFID ear tags did not achieved the minimum efficiency required by the International Committee for Animal Recording (ICAR, 2011; >98%), mainly due to the high percentage of losses, breakages and electronic failures under pig industry conditions. Intraperitoneal injection of glass encapsulated transponders showed the greatest performance results (Babot et al., 2006) and fulfilled the above indicated ICAR's retention threshold;

nevertheless there is a concern on the risks of injects not being recovered at slaughter. As a consequence, giving their simplicity and safety, RFID ear tags are currently the most used identification device for the pig chain.

With this aim, we studied the performances of different RFID ear tags using full-duplex B and half-duplex technologies, under laboratory and farm conditions. Results were discussed in order to have independent information for choosing the most suitable device for tracing pigs from farm to slaughterhouse.

4.4 MATERIAL AND METHODS

Animals in all the experiments were managed following the principles and guidelines of the Animal Care Committee of the Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA, Barcelona, Spain). Transportation of pigs to the slaughterhouses was done by using commercial trucks specialized in pig transport in accordance with the current European Union (CE 933/2008) and Spanish (Law 32/2007) legislation.

4.4.1 Animals and Management

A total of 1,540 pigs were used to compare 3 types of plastic button RFID ear tags in 3 experiments in fattening pigs. Details of the performed experiments are shown in Table 1.

Exp. 1. A total of 7 batches of crossbred piglets (Large White × Landrace sows mated by Pietrain boars; n = 1,033) of both sexes from a multisite (farrowing and growing-fattening units) commercial farm (Plangivert, Prats del Lluçanès, Barcelona, Spain) were used after birth. Sows gave birth in batches of 12 to 14 and their piglets (130 to 150 piglets/batch) were processed (navel cord and teeth cutting, tail docking and ear tagging) on the day of birth.

Piglets were i.m. injected with iron and cross fostering was done when necessary. Piglets were reared with their mothers until weaning (28 d of age, approximately 6 kg BW) under intensive conditions (plastic floor pens, $2.40 \times 1.6 \text{ m}^2$) and automated temperature control (27 to 22°C). They were offered a pre-starter concentrate ad libitum (2,587 kcal NE/kg, as fed) by creep feeding. Sows were fed a dry diet (2,219 kcal NE/kg, as fed) thrice daily. Sows and piglets had free access to water through nipple drinkers and both were checked twice daily. Disadvantaged or dead pigs were removed as soon as possible.

Weaned piglets were moved to the post-weaning plastic slatted pens ($0.24 \text{ m}^2/\text{pig}$) in groups of 75 pigs of the same gender with automated temperature control (22°C) and fed concentrate ad libitum (6 to 20 kg, 2,400 kcal NE/kg). During the transition period (20 to 40 kg, lasting 2.5 mo) the same piglet groups were moved to plastic slatted pens ($0.35 \text{ m}^2/\text{pig}$) with automated temperature control (22 to 18°C) and fed concentrate ad libitum (20 to 40 kg, 2,265 kcal NE/kg). During the fattening period, pigs were penned in groups of 14 to 16 of the same gender on partially slatted concrete floor ($7.5 \text{ m}^2/\text{group}$, and 18°C) and fed the same concentrate ad libitum as during transition. Free access to water was provided by nipple drinkers in all periods.

The pigs were harvested at approximately 100 kg BW and 170 ± 5 d of age, being sent to a commercial slaughterhouse (Escorxador Frigorífic d'Avinyó, Avinyó, Barcelona, Spain) located at 20 km of distance from the farm. Transportation was carried out in adapted pig trucks and according to European and Spanish legislation.

Exp. 2. A batch of similar piglets ($n = 133$) from the above mentioned commercial farm were moved after weaning (28 d) to the IRTA experimental farm (Control and Evaluation Unit Swine, Monells, Girona, Spain) and penned in groups of 14 pigs of the same gender on plastic slatted pens ($0.24 \text{ m}^2/\text{pig}$) with automated temperature control (22°C) and fed commercial concentrates ad libitum during the post-weaning and transition periods (6 to 10

kg, 2,670 kcal NE/kg; 10 to 25 kg, 2,481 kcal NE/kg, as fed). Thereafter, pigs were penned in groups of 12 to 14 pigs of the same gender (pens with partially slated concrete floor, 2.80 × 5.04 m²) and fed commercial concentrates ad libitum (25 to 100 kg, 2,450 kcal NE/kg, as fed) during the growing-fattening period. Pigs were slaughtered at 100 kg BW in the IRTA experimental slaughterhouse (Centre de la Carn, Monells, Girona, Spain) located next to the farm (<1 km). Transportation was done in small groups and according to the specific legislation.

Exp. 3. A batch of 374 weaned piglets (28 d) similar as those used in Exp. 1 and 2, was used for growing-fattening in the same farm, management and feeding conditions as in Exp.1. Piglets were reared and fattened under intensive conditions until 100 kg BW and transported to 3 commercial slaughterhouses located at different distances from the farm (Le Porc Gourmet, Santa Eugenia de Berga, Barcelona, 40 km; Escorxador de la Garrotxa, Olot, Girona, 70 km; and, Escorxador Comarcal del Moianès, Moià, Barcelona, Spain, 36 km). Transportation was carried out in adapted pig trucks and according to the specific European and Spanish legislations.

Table 1. Details of the performed experiments of radiofrequency identification (RFID) and on-farm traceability of fattening pigs

Item	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
Farm type	Commercial	Experimental	Commercial
Pigs, No.	1,033	133	374
Age at ear tagging, d	1	28	28
Applied RFID ear tags ¹ , No.			
EF1	1,033	–	151
EF2	–	–	140
EH	–	133	162
Monitored RFID ear tags, No.			
EF1	719	–	119
EF2	–	–	107
EH	–	131	114
Biopsies ² , No.	30	56	97
Handheld transceiver	Psion Workabout Pro 3 ³	PsionWorkabout Pro 3	Gesreader Smart ⁴
Slaughterhouse type	Commercial	Experimental	Commercial

¹EF1 (2.6 g, 23.2 × 12.2 mm, full-duplex B; model Combi E23, OS ID, Østerdalen, Norway); EF2 (4.2 g, 27.9 × 13.5 mm, full-duplex B; model EI3002ID, Felixcan, Albacete, Spain), and EH (4.4 g, 27.3 × 12.5 mm, half-duplex; model HP, Allflex Europe, Vitré, France).

²TypiFix ear tag biopsying system (Hilgertshausen-Tandern, Dachau, Germany).

³Hand-held transceiver Psion Teknologix Workabout Pro 3, Psion, Barcelona, Spain.

⁴Hand-held transceiver Gesreader Smart, Rumitag, Esplugues de Llobregat, Spain.

4.4.2 RFID Ear Tags and Transceivers

Three types of electronic ear tags were used as RFID devices for piglet identification (Figure 1). Partitioning among experiments and device types are shown in Table 1. The RFID ear tags consisted of double buttons (round male and female) made of polyurethane, the female piece containing the RFID transponder. Number of devices used and features according were (weight, o.d. × height, transponder technology, number and manufacturer's code): EF1 (2.6 g, 23.2 × 12.2 mm, full-duplex B, n = 1,184; model Combi E23, OS ID, Østerdalen, Norway); EF2 (4.2 g, 27.9 × 13.5 mm, full-duplex B, n = 140; model EI3002ID, Felixcan, Albacete, Spain), and EH (4.4 g, 27.3 × 12.5 mm, half-duplex, n = 295; model HP, Allflex Europe, Vitré, France). All ear tags used their corresponded male piece (EF1 and EF2: 2.1 g, with a 24 mm pin and brass tip, Felixcan; EH: 1.9g, with a 25.5 mm pin and brass tip, Allflex) and were applied in the center of the ear by trained operators by using a similar universal applicator (Total tagger, Allflex Europe). Ear tagging was done at birth (d 1) and at weaning (d 28) in Exp. 1 and Exp. 2 and 3, respectively. Single ear tags were applied in Exp. 1 and 2 but, a random sample of piglets wore 2 ear tags (single ear tag per ear) in Exp. 3.

Transponders worked at low radiofrequency (134.2 kHz) and their telegram information showed 23 alphanumeric characters in agreement to the current International Standardization Office (ISO) standards (11784 and 11785). Transponder serial numbers included the animal initial bit (1 translated as A) and the ICAR's manufacturer code (EF1 and EF2, 941 = Felixcan; EH, 982 = Allflex; ICAR, 2012).

Transponders were read by using 2 types of ISO handheld transceivers (Psion Teklogix Workabout Pro 3, Psion España, Sant Cugat del Vallés, Barcelona, Spain; and, Gesreader Smart, Rumitag, Esplugues de Llobregat, Spain) at ear tagging (the day of processing after birth or at weaning), at the day before leaving to slaughterhouse (approximately 100 kg BW)

and before slaughtering (at the beginning of the slaughtering line) according to the experiment, as shown in Table 1. Recorded transponder's codes were downloaded into a computer using specific traceability software for the Psion (Sigpork, Segalpe Consultores, Sevilla, Spain) and the Gesreader Smart (software v.3.3.2, Runitag) handheld readers. Moreover, lost RFID ear tags and electronic failures (ear tag present but not readable) in Exp. 3 were reported at each reading, and readable transponders in the monitored RFID ear tags calculated as: readable = (applied – lost – electronically failed).

No electronic failures were reported in Exp. 1 and 2. Percentage of readable RFID ear tags was calculated as: (readable transponders/monitored ear tags) × 100. Not monitored ear tags corresponded to the pigs sold for breeding or dead in the farm.

Figure 1. Electronic identification devices used for the identification of pigs according to technology and manufacturer. Electronic ear tags and male pieces (plastic double button) where female pieces were: EF1, OS ID full-duplex B; EF2, Felixcan full-duplex B and EH, Allflex half-duplex and male pieces were: MF (2.1g and 24 mm of height pin, Felixcan) and MA (1.9 g and 25.5 mm of height pin, Allflex).



4.4.3 Biopsying Devices

Ear tissue biopsies from a random sample of piglets were collected at ear tag insertion in each experiment (Table 1) by using the biopsying TypiFix system (Hilgertshausen-Tandern, Dachau, Germany). Biopsying devices consisted on ear tags having a metal punch plug in the male piece that, when inserted through the ear and pushed against the female piece, cut and collected an ear tissue biopsy. Biopsying was done using special TypiFix pliers. The female piece of the TypiFix ear tag had attached a removable plastic container, filled with a desiccant and laser recorded with a serial number, in which the biopsy was introduced and sealed. Biopsies were stored at room temperature until DNA analysis for auditing the pig identity after slaughtering.

Correspondences between RFID ear tags and TypiFix container's numbers were recorded at identification and stored in a data base.

4.4.4 Performances of RFID Ear Tags under Laboratory Conditions

Random samples of each type of RFID ear tag (Table 2) were collected during all experiments to compare their features and performances under similar laboratory conditions. Ear tag weight (accuracy, 0.01; BP 3100 P, Sartorius AG, Göttingen, Germany) and dimensions (o.d. and height) were measured using an electronic caliper (accuracy, 0.03 mm; Shaodong Feiyue Hardware Tools Factory, Yiwu, P. R. China). Separation force of male and female pieces of the ear tags was measured by submitting the closed ear tags to a tensile test until breakage using a computer-controlled universal testing machine (PCM Mecmesin, Versatest load cell 2.5 N; Mecmesin, West Sussex, United Kingdom).

Reading performances of the previously measured e-ID devices were done with 5 types of ISO complying transceivers (Gesreader GES2S and Gesreader Smart, Runitag, Esplugues de Llobregat, Barcelona, Spain; Mini Max and iMax Plus, Datamars, Bedano, Switzerland; Psion Teklogix Workabout Pro 3, Psion España, Sant Cugat del Vallés, Barcelona, Spain). Maximum and minimum reading distances from the transceiver antenna to the center of the electronic ear tag antenna were measured under static conditions in the most favorable (parallel) and unfavorable (perpendicular) orientations, according to ICAR (2011), in a Faraday shielded room ($4 \times 6.2 \times 3.6$ m; ETS Lindgren-Euroshield Oy, Eura, Finland) for minimizing the environmental electro-magnetic noise. Additionally, the farthest readable transponder was chosen and used for performing reading measurements at 19 radial orientations (0 to 180° , at 10° interval) under similar static conditions by using each type of transceiver. Results of radial reading distances were used to draw the transponder's reading map.

On-farm and Laboratory performances

Table 2. Characteristics and physical and electronic performances of the RFID¹ button ear tags used for pig identification according to the reading conditions²

Item	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3		
	EF1 ³	EH ⁵	EF1	EF2 ⁴	EH
Devices, No.	10	10	10	10	10
Weight, g	2.6 ± 0.1	4.5 ± 0.1	2.6 ± 0	4.2 ± 0.1	4.4 ± 0.1
Height, mm	12.2 ± 0.1	12.8 ± 0.1	12.2 ± 0.1	13.5 ± 0.1	12.5 ± 0.1
Diameter, mm	23.3 ± 0.1	27.1 ± 0.1	23.3 ± 0.1	27.9 ± 0.1	27.3 ± 0.1
Separation force, N ⁶	274 ± 6 ^a	279 ± 2 ^a	307 ± 6 ^c	292 ± 4 ^b	317 ± 4 ^c
Reading distances by transceiver type					
iMax Plus ⁷					
Favorable, mm	20.7 ± 0.1	26.4 ± 0.2	20.5 ± 0.3	23.8 ± 0.2	27.3 ± 0.2
Unfavorable, mm	5.0 ± 0.3	14.4 ± 0.4	4.7 ± 0.4	6.6 ± 0.2	8.4 ± 0.3
Ges Smart ⁸					
Favorable, mm	10.0 ± 1.1	27.6 ± 0.4	8.4 ± 0.7	8.9 ± 0.2	25.2 ± 0.3
Unfavorable, mm	1.1 ± 0.2	9.2 ± 0.6	0.5 ± 0.3	1.5 ± 0.4	8.0 ± 0.5
Ges 2S ⁹					
Favorable, mm	17.2 ± 0.2	26.5 ± 0.2	22.2 ± 0.2	25.3 ± 0.2	27.3 ± 0.2
Unfavorable, mm	5.5 ± 0.6	10.8 ± 0.4	5.2 ± 0.3	8.1 ± 0.5	8.9 ± 0.3
Mini Max ¹⁰					
Favorable, mm	9.4 ± 0.4	–	10.3 ± 0.1	10.7 ± 0.2	–
Unfavorable, mm	4.4 ± 0.6	–	5.0 ± 0.3	5.8 ± 0.4	–
Psion Workabout Pro 3 ¹¹					
Favorable, mm	15.0 ± 0.3	19.5 ± 0.3	14.3 ± 1.1	17.8 ± 0.1	18.8 ± 0.2
Unfavorable, mm	5.8 ± 0.2	7.7 ± 0.3	6.5 ± 0.5	7.5 ± 0.2	8.8 ± 0.2

¹Radio frequency identification. ²Transceiver type (iMax Plus, Ges Smart, Ges 2S, Mini Max, Psion Workabout Pro 3) and orientation of the device towards the transceiver's antenna (favorable, ; unfavorable). ³Electronic ear tag of full-duplex B technology (OS ID, Østerdalen, Norway).

⁴Electronic ear tag of full-duplex B technology (Felixcan, Albacete, Spain). ⁵Electronic ear tag of half-duplex technology (Allflex Europe, Vitré, France). ⁶Measured by a tensile test in Newtons (N) after closing with a male piece with a 24 mm and 25.5mm pin and brass tip, respectively (Felixcan, Albacete, Spain; Allflex Europe, Vitré, France). ⁷Hand-held transceiver iMax Plus (Datamars, Bedano, Switzerland). ⁸Hand-held transceiver Gesreader Smart (Rumitag, Esplugues de Llobregat, Barcelona, Spain). ⁹Hand-held transceiver Gesreader GES2S (Rumitag, Esplugues de Llobregat, Spain). ¹⁰Hand-held not ISO transceiver Mini Max Datamars (Datamars, Bedano, Switzerland) only reading full-duplex B technology. ¹¹Hand-held transceiver Psion Teklogix Workabout Pro 3 (Psion, Sant Cugat, Barcelona, Spain).

4.4.5 Statistical Analysis

Statistical analysis of data was conducted by using SAS (version 9.1, SAS Inst. Inc., Cary, NC). Readability, electronic failures and losses of identification devices were analyzed within Exp. 3 and between experiments (Exp. 1 to 3) by using the CATMOD procedure of SAS, assuming a binomial distribution of the variables and a Logit model with an estimation method of maximum likelihood (Cox, 1970) was used. The model included the fixed effect of the RFID ear tag type (EF1, EF2 and EH) within the experiment (1 to 3) and the random effects of the animal and the error.

Separation strength and static reading efficiency under laboratory conditions were analyzed by using the least squares means of the GLM procedure of SAS. Factors considered in the model were: RFID ear tag type, transceiver type (1 to 5) and the transponder orientation position (favorable and unfavorable).

Non significant effects were removed from the model. Significance between means was declared at $P < 0.05$ by using the Turkey's test of SAS. Tendencies were declared at $P < 0.10$.

4.5 RESULTS AND DISCUSSION

4.5.1 On-Farm Performances

On-farm results obtained across the experiments are shown in Table 3. Not apparent negative effects on animal welfare and performances were observed after the application of

the RFID ear tags or at the following reading controls in all the experiments. Moreover, no relevant infections or inflammatory reactions were observed after the ear tags applications.

Exp.1. With regard to the 1,033 piglets tagged with EF1 ear tags, tested under commercial farm conditions, no EF1 losses were observed until weaning (100% suckling retention). There are few scientific references reporting piglet RFID ear tag losses and electronic failures during suckling, the reported values of total losses ranging from 0% (Babot et al., 2006; 2 farms), to 1.2% (0.7% losses and 0.5% electronic failures; Burose et al., 2009; 16 farms) and to 2.6% (0% losses and 2.6% electronic failures; Gosalvez et al., 2007; 1 farm with an outdoor yard) under a wide range of commercial conditions. Nevertheless, Burose et al. (2009) reported a large variation (between 0 and 9.0% as estimated from their figures) in the total losses and electronic failures of ear tags during piglet's rearing period for different housing systems and RFID ear tag brands.

From the weaned pigs (n = 933) only 719 were able to be monitored until the end of the fattening period, the rest dying or being sold for breeding, as shown in Table 3. In the monitored fattened pigs released for slaughter, 93.7% were readable at the end of fattening, the rest being lost or failed. Total losses and failures in our fattening period (6.3%) were greater than those reported by Babot et al. (2006; 1.7 to 2.7%) and Burose et al. (2009; 2.6%) for different electronic ear tag types during fattening. Moreover, Burose et al. (2009) reported major effects of the housing system and minor effects of the ear tag brand in losses and failures, respectively, reporting ranges of variation in the total losses and failures values of 0.2 to 19.4% and concluding that both factors were no significant for final traceability in practice. Nevertheless, Caja et al. (2005) and Gosalvez et al. (2007) also showed large differences in the values of losses (0 to 44.9%) and electronic failures (2.0 to 55.1%) in fattening pigs, depending on the electronic ear tag brand and the fattening conditions used (indoor and outdoor). Huiskes et al. (2000) in a large scale project under commercial conditions, reported

0.16% electronic ear tag losses from weaning to the end of fattening, although in this case the losses may have been smaller as a consequence of the greater age at application of the piglets (weaning, wk 4 to 5 of age) and housing conditions.

Regarding the available references specifically referred to full-duplex B ear tags in rearing-fattening pigs, reported on-farm losses and failures ranged from 0 to 44.9% and 0 to 55.1%, respectively (Huiskes et al., 2000; Caja et al., 2005; Gosalvez et al. (2007). The greatest value corresponded to that reported by Caja et al. (2005) when prototype full-duplex B ear tags were used, and the lowest to that reported by Huiskes et al. (2000) in a large scale project in which it may have been some information loss.

Reported visual ear tag losses during the whole on-farm period, used as a control, ranged between 0.1% and 29.0% (Caja et al., 2005; Babot et al., 2006; Schembri et al., 2007) showing the large impact of the environmental conditions and the effect of ear tag type, although the farm effect has not been confirmed (Babot et al., 2006; Burose et al., 2009).

Exp.2. Pigs identified with the EH ear tags (n = 133) after weaning were monitored until the end of fattening under our experimental farm conditions. So, only 4 pigs died (1.5%) or lose their EH ear tag (1.5%), as shown in Table 3, resulting in 98.5% on-farm readability. No electronic failures were observed in this case.

Fattening losses and failures were smaller than those previously reported for different electronic ear tag types during fattening (Caja et al., 2005; Babot et al., 2006; Burose et al., 2009). Nevertheless, the ear tag losses obtained in our results were greater than those reported by Huiskes et al. (2000), even the last being under commercial conditions and the tagging made at weaning.

Regarding the available references specifically referred to half-duplex ear tags in rearing-fattening pigs, reported on-farm losses and failures ranged between 0 to 8.8% and 0 to 5.5%, respectively (Huiskes et al., 2000; Caja et al., 2005; Babot et al., 2006).

Exp.3. Comparison of EF1, EF2 and EH ear tags in our data, applied after weaning and under the same fattening conditions, showed similar values of losses (0 to 1.9%) and marked differences of electronic failures (0.9 to 5.6%), as shown in Table 3. As a result, the readability values of EH tended to be greater than for EF2 (Table 3; $P = 0.060$), although the differences between EH and EF1 ($P = 0.188$) and between EF1 and EF2 ($P = 0.451$), were no significant.

Previous results reported for EF1 in Exp. 1 showed numerically a greater value of losses than in Exp. 3 (6.3 vs. 0%, respectively), which may be consequence of not having included the separated value of electronic failures in Exp. 1 (total losses and failures in Exp. 3 were 5.0%). On the other hand, no differences were detected for EH losses between Exp.2 and 3 ($P = 0.889$). Values of EF1 and EF2 in Exp. 3, both using the same full-duplex B technology, did not differ between brands ($P = 0.451$). These values agreed with those previously discussed (Huiskes et al., 2000; Caja et al., 2005; Babot et al., 2006) and supported the lack of differences between experiments.

4.5.2 Transportation Performances

Transportation to the slaughterhouse increased the RFID ear tag losses, as a consequence of the management stress produced during the up- and down-loading operations (Table 3). Moreover, mixing different groups of pigs during the pre-slaughtering period should increase their fighting frequency and stress. Few visual and RFID ear tag transportation losses data is currently available in fattened pigs which ranges from 0 to 2.0% (Babot et al., 2006; Hernandez-Jover et al., 2006; Gosalvez et al., 2007).

Exp.1. An additional 3.0% EF1 were lost during transportation, resulting in 97.0% readability (Table 3). This value was greater than those previously reported for full-duplex B

ear tags in pigs transported to slaughter as reported by Babot et al. (2006; 1.4%), Hernandez-Jover (2006; 2.0%) and Gosalvez et al. (2007, 0%). No electronic failures were recorded during transportation period.

Exp.2. No EH losses and electronic failures were reported during transportation in this case as a consequence of the short trip (distance < 1 km) and careful transportation conditions (small track with a few number of pigs).

Exp.3. Comparison of the 3 types of RFID ear tags during transportation under commercial conditions showed no differences between EF1, EF2 and EH ear tags (Table 3). Values of EH were numerically lower for losses and electronic failures during transportation, but no differences were detected between treatments ($P = 0.174$ to $P = 0.932$). As a consequence, no readability differences at transportation were observed in our results, being the transportation readability 96.0%, on average.

Overall transportation losses across experiments resulted 97.1%, on average (Table 3) being slightly greater than the above indicated losses from 0 to 2.0% (Babot et al., 2006; Hernandez-Jover, 2006; Gosalvez et al., 2007).

4.5.3 Live Pig Traceability

Overall traceability of live pigs, including farm and transportation periods, slightly varied between experiments, although the differences were greater by RFID ear tag.

Exp.1. Overall traceability results of the EF1 (Table 3) did not reach the requirements for official use under on-farm conditions, being also lower than those previously reported by Babot et al. (2006; 96.7%) and by Hernandez-Jover (2006, 96.8%). Obtained value in our results (91.0%) was similar to Gosalvez et al. (2007, 91.0%) in Iberian pigs under outdoor conditions.

Exp.2. Results of EH overall traceability in our results (Table 3) under experimental conditions were greater than those obtained by Babot et al. (2006, 95.9%) and by Hernandez-Jover (2006, 98.0%) as a consequence of the more unfavorable conditions used in their commercial farms.

Exp.3. The greatest overall traceability results were obtained with the EH ear tags when compared to EF1 and EF2 (Table 3; $P < 0.05$), being close to the results reported by Babot et al. (2006; 95.9%) and by Hernandez-Jover (2006, 98.0%) in growing-fattening pigs under commercial conditions.

Finally, the greatest overall traceability results across experiments was obtained using the EH ear tags (97.5%, on average), greater than the values previously reported by Babot et al. (2006, 95.9 to 96.7%) and Hernandez-Jover (2006, 96.8 to 98.0%), the EF1 and EF2 showing similar and lower results (89.6%, on average). These results are in part a consequence of the better readability observed with half duplex transponders that failed less under on-farm and transportation conditions than full duplex-B transponders. Moreover, slightly greater values of retention were also observed in the case of half duplex transponders, although none of the RFID ear tags used reached the ICAR (2011) requirements for official use. It should be stressed that in our case the length of the growing-fattening period was shorter than 6 mo and that ICAR (2011) requires 99% readability for a provisional approval of ear tags after 6 mo trial period.

Table 3. On farm and transportation to slaughterhouse performances of RFID ear tags used for fattening pig traceability.

Item	Exp.1 ¹		Exp.2 ²		Exp.3 ³		Total
	EF1	EH	EF1	EF2	EH		
On-farm							
Applied at birth, No.	1,033	–	–	–	–	–	–
Pre-weaning mortality, No.	100	–	–	–	–	–	–
Weaned , No.	933	133	151	140	162		1,519
Sold for breeding, No. (%)	171 (18.3)	0	30 (19.9)	33 (23.6)	44 (27.2)		278 (18.3)
Post-weaning mortality, No. (%)	43 (4.6)	2 (1.5)	2 (1.3)	0	4 (2.5)		51 (3.4)
Monitored, No.	719	131	119	107	114		1,190
Electronically failed, No. (%)	–	–	6 (5.0)	6 (5.6)	1 (0.9)		13 (1.1)
Lost, No. (%)	45 (6.3)	2 (1.5)	0 (0.0)	2 (1.9)	1 (0.9)		50 (4.2)
Readable, No. (%)	674 (93.7)	129 (98.5)	113 (95.0)	99 (92.5)	112 (98.2)		1,127 (94.7)
Transportation							
Initial, No.	674	129	113	99	112		1,127
Electronically failed, No. (%)	–	–	4 (3.5)	3 (3.0)	1 (0.9)		8 (0.7)
Lost, No. (%)	20 (3.0)	0	2 (1.8)	2 (2.0)	1 (0.9)		25 (2.2)
Readable, No. (%)	654 (97.0)	129 (100)	107 (94.7)	94 (94.9)	110 (98.2)		1,094 (97.1)
Traceability							
On-Farm, %	93.7	98.5	95.0	92.5	98.2		94.7
Transportation, %	97.0	100	94.7	94.9	98.2		97.1
Overall, %	91.0	98.5	89.9	87.9	96.5		91.9

¹Comercial farm with EF1 full-duplex B electronic ear tags (EF1, 2.6 g, 23.2 × 12.2 mm; Combi E23, OS ID, Østerdalen, Norway). ²Experimental farm with EH half-duplex electronic ear tags (EH, 4.4 g, 27.3 × 12.5 mm; HP, Allflex Europe, Vitré, France). ³Comercial farm with EF1, EH and EF2 full-duplex B electronic ear tags (EF2, 4.2 g, 27.9 × 13.5 mm; EI3002ID, Felixcan, Albacete, Spain).

4.5.4 RFID Ear Tags Performances under Laboratory Conditions

Results of physical characteristics and reading performances of the RFID ear tag samples collected throughout the experiments and evaluated under similar laboratory conditions, are shown in Table 2.

Two classes of RFID ear tags were observed according to weight, the EF1 being markedly lighter (2.6 g) than EF2 and EH (4.2 to 4.5 g). Nevertheless, no relationship was found between weight and RFID ear tags retained in the farm which ranged between 0 and 6.3% (Table 1) across experiments. Despite button height being similar between ear tags (12.2 to 13.5 mm), greater diameters ($P < 0.05$) were observed in the case of EF2 and EH (27.1 to 27.9 mm) when compared to EF1 (23.2 to 23.3 mm). No relation between height and diameter dimensions and on-farm losses were also found. Moreover, slight and significant differences between dimensions of EH ear tags from Exp.2 and Exp. 3 were detected indicating that, most probably, they came from different production batches. For a similar dimension, weight of RFID ear tags mainly depends on the size of the antenna coil, so we expected that heavier ear tags will have greater reader distances.

More related with on-farm losses, values of separation strength between male and female parts of the button ear tags (Table 2), were the lowest ($P < 0.05$) in the case of EF1 in Exp.1, next to the lower limit of the ICAR (2011) requirements (280 N) and agreeing with the highest losses observed during fattening. A similar low value (102%; $P < 0.05$) was also observed for EH in Exp.2, but on-farm losses were not high in this case because the pigs being under experimental station conditions (small groups and short transportation). The rest of RFID ear tags, showed greater separation strength values (107 to 116%), all of them over the ICAR (2011) requirement (Table 2) and indicating improved ear tag closing designs.

Reported separation strength values for similar dimensions RFID ear tags used in pigs and goats varied between 296 to 307 N (Santamarina et al., 2007; Carné et al., 2009).

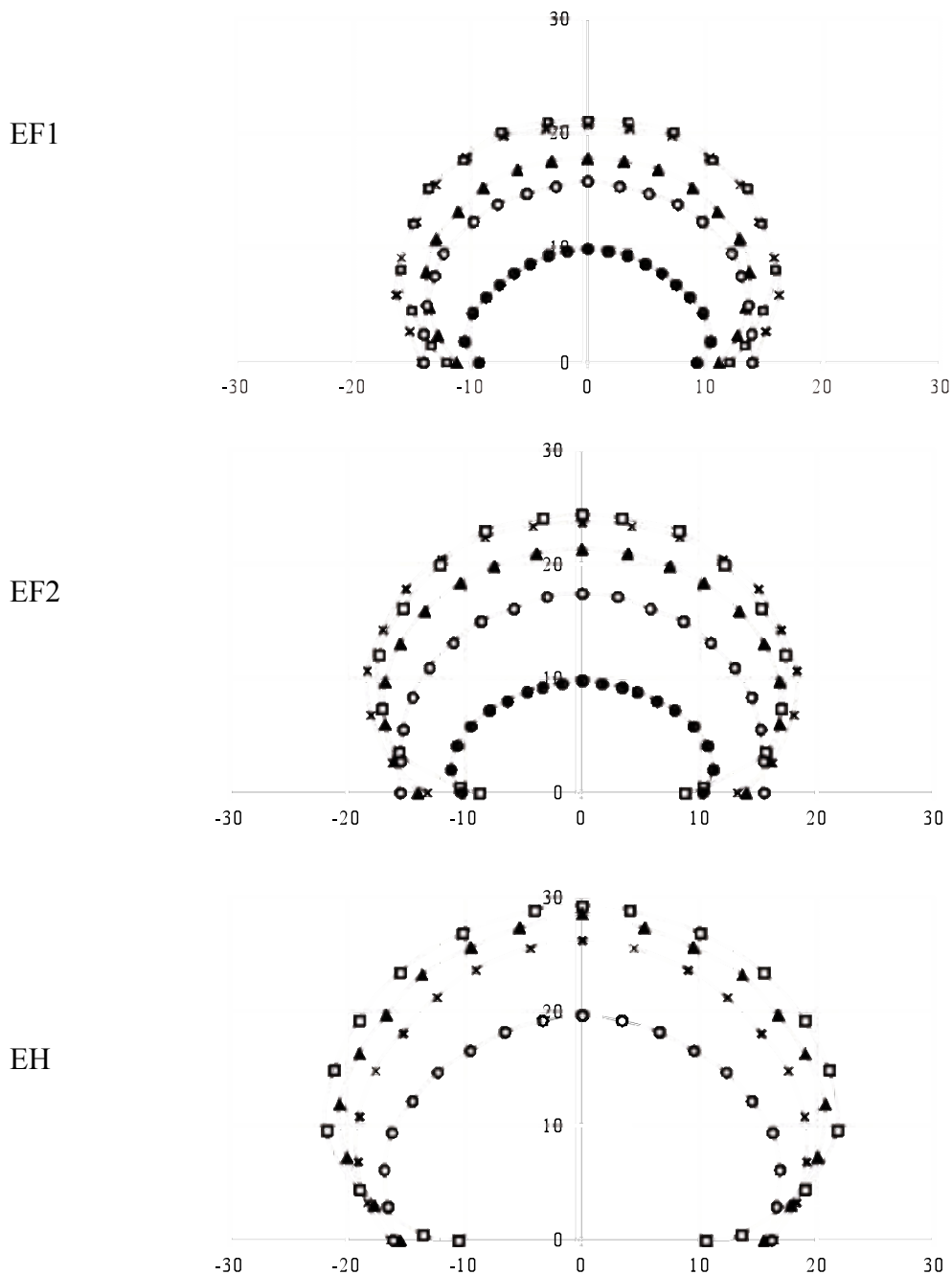
With regard to the RFID ear tag reading distances, measured with different types of hand-held readers under laboratory static conditions, large variations were observed by technology, ear tag type and orientation toward the antenna used (Table 2). Marked differences between the favorable and unfavorable antenna orientation were observed in all cases, the greatest reading distances corresponding to the favorable (9.4 to 27.6 cm) antenna orientation (parallel). On the opposite, the lowest reading distance corresponded to the unfavorable (4.4 to 14.4 cm) antenna orientation (perpendicular). There are not scientific references on values of livestock RFID ear tags reading distances when hand-held transceivers are used. Most governmental guidelines require for RFID ear tags at least 12 cm of minimum reading distance in the most favorable orientation (European Union Regulation 933/2008; Spanish Real Decreto 1486/2009) which was fulfilled in all cases except with the EF1 ear tag in Exp.1 with Mini Max non ISO reader (Table 2). The greatest reading distances in the favorable orientation ($P < 0.05$) were obtained using the iMax Plus and the Gesreader Smart transceivers. Reading distances in the unfavorable orientation varied less by transceiver type but larger differences were observed by transponder type (Table 2).

When comparing devices and transceivers across the experiments, those of half-duplex technology showed the largest reading distances ($P < 0.05$). The maximum reading distances in the favorable orientation were observed with the iMax Plus and Gesreader Smart transceivers and the EH ear tags (Table 2). On the contrary the lowest ($P < 0.05$) reading distances for EH ear tags in the unfavorable orientation was observed with the Psion Workabout Po3 transceiver. No reading was possible with the Mini Max non ISO reader. Furthermore, for the full-duplex B technology RFID ear tags, we also obtained the maximum

reading distances in the favorable orientation using the iMax Plus and Gesreader Smart transceivers with the EF2 ear tag ($P < 0.05$). Similarly, the lowest reading distances for full-duplex B ear tags in the unfavorable orientation were observed with the Mini Max transceiver ($P < 0.05$). These results support that, despite the differences reported by Ryan et al. (2010) using stationary readers with large frame antennas, there is an important interaction between transponder and transceiver, which in our case was at $P < 0.001$.

The reading information above discussed was completed by evaluating the distances diagram (mapping) of the best RFID ear tag of each type when interrogated by the different transceivers used. Sizes of the diagrams were related to the respective maximum and minimum reading distances, and showed an eight-like shape, slightly flattened by the sides, in all cases (Figure 2). The diminution of the reading distance for the unfavorable orientation (perpendicular) of the transponder's antenna produced a bottleneck in the middle of the diagram. This was most visible in the case of the Gesreader Smart transceiver, which maybe a result of the design of its antenna. No greater or lower values were observed than the previously maximum and minimum reported reading distances. As a consequence, the EF1 reading area was smaller than EF2, and the EF2 smaller than EH, respectively, for all transceivers. The order was altered in the iMax Plus transceiver reading the EH transponders (Figure 2). Moreover, the shapes of the diagrams recommended using perpendicular scanning in practice when transponders are placed at critical distances of the transceivers. No blind areas or spots were found in the transponder mapping, allowing a uniform reading of the button RFID ear tags.

Figure 2. Reading distances diagram of each RFID ear tag type (EF1, 2.6 g, full-duplex B, model Combi E23, OS ID; EF2, 4.2 g, full-duplex B, model EI3002ID, Felixcan; EH, 4.4 g, half-duplex, model HP, Allflex Europe) according to the transceiver used (×, iMax Plus, Datamars; ●, Mini Max, Datamars; □, Gesreader Smart, Rumitag; ▲, Gesreader GES2S, Rumitag; ○, Psion Workabout, Psion España). Only half diagrams were represented and distances are expressed in cm.



4.6 CONCLUSIONS

The results obtained in these experiments showed a wide range of variation of live pig traceability from farm to slaughter (87.9 to 98.5%) when several types of RFID ear tags currently available in the market were used under commercial and experimental conditions. Results by ear tag type were reasonably consistent across experiments and dependent on their design and manufacturer, but none of them was able to reach the 98% readability agreed by ICAR for official identification. Electronic failure of the RFID devices was identified as the most important cause for losing the traceability during on-farm growing-fattening and transportation periods (i.e., responsible of near the half of non readable) and put in evidence the hard environment to which the RFID ear tags were submitted in the pig farms. On the other hand, special attention should be paid to the separation strength of the ear tag male-female pieces, also identified as a key point responsible for the ear tag losses. Performances (i.e., readability and reading distances) of full-duplex B transponders were lower than those showed by half-duplex under the same conditions for all types of transceivers used, although an important transponder \times transceiver interaction was evident. Finally, for the current commercial conditions, it is affordable to obtain approximately 97% traceability when well designed button ear tags of half-duplex RFID technology are used, which maybe suitable for the pig industry in practice.

On-farm and transportation performances of the studied RFID ear tags will be completed during pig slaughtering in a following research.

CAPITULO 5: ELECTRONIC IDENTIFICATION DEVICES IN PIGS
FROM FARM TO SLAUGHTERHOUSE AND DNA AUDITING

CAPITULO 5

Article 2: Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers: Slaughterhouse and carcass auditing.

Artículo 2: Implementación de un sistema de trazabilidad dentro de la cadena de producción porcina mediante el uso de crotales electrónicos y marcadores moleculares: Resultados en matadero y auditoria de la canal.

5.1 RESUMEN

Un total de 1,540 cerdos de engorde fueron usados en 3 experiencias para evaluar la implementación de un sistema de trazabilidad basado en el uso de identificación por radio frecuencia (RFID) y marcadores moleculares (DNA). Los cerdos fueron trazados usando 3 tipos de crotales RFID desde la granja hasta matadero y sus canales fueron auditadas mediante DNA. En la Exp. 1, un total de 651 cerdos de engorde identificados con crotales EF1 (RFID full-duplex B transponder, 2.6 g) fueron sacrificados bajo condiciones comerciales y 30 muestras biológicas de tejido de oreja fueron recogidas al azahar y almacenadas congeladas para la auditoría de DNA. Sólo 378 canales retuvieron su EF1 al final de la línea de matanza (trazabilidad en matadero, 58.1%). La trazabilidad global desde el nacimiento hasta la canal, incluyendo los datos del periodo de granja y transporte fue 52.8% la cual fue insatisfactoria. Dieciocho canales fueron procesadas para ser auditadas bajo el uso de un panel de 12 microsátélites, mostrando un porcentaje de cumplimiento entre la carne y la

oreja del 83.3%. En la Exp. 2, un total de 129 lechones destetados, identificados con crotales EH (RFID half-duplex transponder, 4.4 g) fueron engordados bajo condiciones experimentales. Sólo se observaron 0.8% de pérdidas durante el proceso de matanza y la trazabilidad global desde el destete hasta la canal fue 97.7%. Una muestra de 56 cerdos tuvieron biopsias de oreja congeladas recogidas durante el proceso de engorde y el porcentaje de cumplimiento entre la carne y la oreja (n = 56) mediante el panel de DNA fue 98.2%. En la Exp. 3, los cerdos de engorde identificados al destete con 311 crotales de 3 tipos (EF1, n = 107; EF2, RFID full-duplex B transponder, 4.2 g, n = 94; EH, n = 110) fueron sacrificados en 3 mataderos comerciales. Las pérdidas en matadero, por tipo de crotal, fueron 22.1, 13.5 y 4.5% y los fallos electrónicos fueron 6.3, 5.4 y 0%, resultando en 71.6, 81.1 y 95.5% de trazabilidad en matadero, respectivamente. La trazabilidad global desde el destete hasta la canal fue 64.4, 71.2 y 92.1%, respectivamente. El porcentaje de cumplimiento entre los pares de biopsias de oreja (n = 97) y las muestras de carne de las canales (n = 21) mediante DNA fue 85.7%. En conclusión, los crotales EH fueron más eficientes que los EF1 y EF2 para trazar cerdos desde la granja hasta la canal bajo condiciones comerciales. La trazabilidad global y la de matadero cambian dramáticamente en función del tipo de dispositivo usado y de las condiciones de engorde y matanza. La auditoría de la trazabilidad mediante DNA mostró un porcentaje de coincidencia con un rango entre el 88.2 y 98.2% como consecuencia de los errores acumulados en el proceso. Finalmente, la implementación de un sistema de trazabilidad para la cadena de producción porcina reveló ser una meta difícil de lograr y que es muy recomendable el uso de crotales RFID de alta calidad.

5.2 ABSTRACT

A total of 1,540 fattened pigs were used in 3 experiments conducted to evaluate the implementation of a traceability system based on radio frequency identification (RFID) and molecular markers (DNA). Pigs were traced using 3 types of RFID ear tags from farm to slaughter and their carcasses audited by DNA. In Exp. 1, a total of 651 fattened pigs identified with EF1 (RFID full-duplex B transponder, 2.6 g) ear tags were slaughtered under commercial conditions and ear biopsies were taken from a random sample of 30 pigs and stored frozen for DNA auditing. Only 378 carcasses retained their EF1 at the end of the slaughtering line (slaughter traceability, 58.1%). Overall traceability from birth to carcass release, including on-farm and transportation data, was 52.8% which was unsatisfactory. Eighteen carcasses were processed for auditing by a panel of 12 DNA microsatellites, the meat vs. ear matching agreement being 83.3%. In Exp. 2, a total of 129 weaned pigs, identified with EH (RFID half-duplex transponder, 4.4 g) ear tags were harvested under experimental conditions. Only 0.8% losses during slaughtering were observed and overall traceability from weaning to carcass release was 97.7%. A sample of 56 pigs had frozen ear biopsies collected during fattening and compliance of pairs of ear and meat samples (n = 56) by the DNA panel was 98.2%. In Exp. 3, fattened pigs identified at weaning with 311 ear tags of 3 types (EF1, n = 107; EF2, RFID full-duplex B transponder, 4.2 g, n = 94; EH, n = 110) were slaughtered in 3 commercial slaughterhouses. Slaughtering losses by ear tag type were 22.1, 13.5 and 4.5% and electronic failures were 6.3, 5.4 and 0%, resulting in 71.6, 81.1 and 95.5% slaughterhouse traceability, respectively. Overall traceability from weaning to carcass release was 64.4, 71.2 and 92.1%, respectively. Compliance between the pairs of ear biopsies (n = 97) and meat samples from carcasses (n = 21) by DNA was 85.7%. In conclusion, the EH ear tags were more efficient than EF1 and EF2 for tracing pigs from farm to carcass release under commercial conditions. Slaughterhouse and overall traceability changed dramatically according to the device used and the fattening and slaughtering conditions. Traceability

auditing by DNA showed a matching rate ranging between 88.2 and 98.2% as a consequence of the errors accumulated in the process. Finally, implementation of a total traceability system in the pig chain revealed to be a hard goal difficult to be fully achieved and where the use of high quality RFID ear tags is highly recommendable.

5.3 INTRODUCTION

European Union consumers consider meat traceability of as a current necessity (Lichtenberg et al., 2008) and related the traceability and food safety concepts (Giraud et al., 2006). A traceability control in the meat chain means productivity, animal health and food safety control. Therefore, maintaining the link between the animal identification from the farm to carcass is essential for provide a total traceability system.

According to the results of previous experiments in which radiofrequency (RFID) ear tags were used to trace pigs by from farm to carcass (Hernández-Jover, 2006; Gosálvez et al., 2007; Santamarina et al., 2007), the authors concluded that overall traceability results dramatically varied between 45.3 and 94.0% depending on the quality of the RFID ear tags and the fattening and slaughtering conditions. As a possible solution, Caja et al. (2005) and Santamarina et al. (2007) proposed using intraperitoneally injected transponders for increasing the overall traceability results in the pig chain (98.2 to 100%). Gosálvez et al. (2007) also found 68.7 to 92.0% overall traceability in extensively fattened Iberian pigs depending on the transponder technology.

On the other hand, biological products have DNA as an in-built identifier that cannot be altered (Shackell et al., 2008). The value of DNA as an identifier of individual animal makes that it can be used as a genetic marker to differentiate between individuals (Hernández-Jover, 2006). Genetic fingerprinting is based of DNA polymorphisms in the genome. Combining

RFID identification systems and DNA fingerprinting for traceability, can be used in the meat chain assuring meat traceability, as proposed by Caja (1998). Thereby, in the last years, studies have been performed (Hernández-Jover, 2006; Hernández-Jover et al., 2009) to evaluate the feasibility of the implementation of a traceability system based on the use of RFID ear tags and molecular markers as a final auditing.

This work completed the on-farm results of a previously done experiment on the comparison of different types of RFID ear tags technologies in fattening pigs (Grassi et al., 2013). The main objective of this experiment was to study the performances of the different RFID ear tags under slaughterhouse conditions and to evaluate the entire RFID traceability system of fattening pigs from birth to carcass. Moreover, the whole traceability process was audited using a selected set of DNA microsatellites for molecular marker fingerprinting.

5.4 MATERIAL AND METHODS

The procedures involving animals and animal care conditions were managed following the principles and guidelines of the Animal Care Committee of the Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA, Barcelona, Spain) and those of the Ethical Committee of Animal and Human Experimentation (CEEAH) of the Universitat Autònoma de Barcelona (Bellaterra, Barcelona, Spain) legislations.

All pigs were slaughtered according to the usual processes of commercial pig slaughter (stunning, bleeding, scalding, peeling, flaming, evisceration, and carcass cooling) and the specific European Union (CE 933/2008) and Spanish (Law 32/2007) legislation.

5.4.1 RFID Ear Tags and Transceivers

Three types of electronic ear tags were studied across 3 experiments as RFID identification devices for tracing pigs from farm to carcass. Details of the conducted experiments are shown in Table 1.

Identification devices of slaughtered pigs consisted of RFID ear tags double buttons (round male and female) made of polyurethane, the female piece containing the RFID transponder. Number of devices used and features according to ICAR (2011) were (weight, o.d. × height, transponder technology, number and manufacturer's code): EF1 (2.6 g, 23.2 × 12.2 mm, full-duplex B, n = 1,184; model Combi E23, OS ID, Østerdalen, Norway); EF2 (4.2 g, 27.9 × 13.5 mm, full-duplex B, n = 140; model EI3002ID, Felixcan, Albacete, Spain), and EH (4.4 g, 27.3 × 12.5 mm, half-duplex, n = 295; model HP, Allflex Europe, Vitré, France). All ear tags used their corresponding male piece (EF1 and EF2: 2.1 g, with a 24 mm pin and brass tip, Felixcan; EH: 1.9g, with a 25.5 mm pin and brass tip, Allflex). Transponders worked at low radiofrequency (134.2 kHz) and they were in agreement with the current International Standardization Office (ISO) standards (11784 and 11785). Transponder serial numbers included the animal initial bit (1 translated as A) and the ICAR's manufacturer codes (EF1 and EF2, 941 = Felixcan; EH, 982 = Allflex; ICAR, 2011).

RFID devices were applied in the center of the piglet ear by trained operators and by using a similar universal applicator (Total tagger, Allflex). Ear tagging was done at birth (d 1) and at weaning (d 28) according to experiment, as shown in Table 1. Single ear tags were applied in Exp. 1 and 2 but, a random sample of piglets wore 2 ear tags (a single ear tag per ear) in Exp. 3.

Readability of RFID ear tags was checked twice at the slaughtering line by using 2 types of ISO hand-held transceivers (Psion Teknologix Workabout Pro 3, Psion España, Sant Cugat del Vallés, Barcelona, Spain; and, Gesreader Smart, Rumitag, Esplugues de Llobregat, Barcelona, Spain; Table 1). The RFID ear tags were read at the beginning of the slaughtering

line (after stunning and animal bleeding), and at the end of the slaughter line to evaluate the effects of the slaughter processes on retention and readability of these devices. Transponder codes were downloaded into a computer using specific software for the Psion (Sigpork, Segalpe Consultores, Sevilla, Spain) and for the Gesreader Smart (software v.3.3.2, Runitag) hand-held readers. Values of recorded RFID ear tags (calculated as: Initial - not monitored) and percentage of readable RFID ear tags (calculated as: readable transponders/recorded ear tags \times 100) are shown in Table 2.

Table 1. Details of the performed experiments of radiofrequency identification (RFID) and slaughterhouse traceability of fattening pigs

Item	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3
Farm type	Comercial	Experimental	Commercial
Age at ear tagging, d	1	28	28
Monitored RFID ear tags ¹ , No.			
EF1	651	–	95
EF2	–	–	74
EH	–	129	88
Biopsies, No.			
Taken in Farm ²	30	56	97
Taken in Slaughterhouse ³	18	56	23
Handheld transceiver	Psion Workabout Pro 3 ⁴	Psion Workabout Pro 3	Gesreader Smart ⁵
Slaughterhouse			
Type	Comercial	Experimental	Commercial
No.	1	1	3
Line speed, pigs/h	500	< 100	500 to 1,000

¹EF1 (2.6 g, 23.2 × 12.2 mm, full-duplex B; model Combi E23, OS ID, Østerdalen, Norway); EF2 (4.2 g, 27.9 × 13.5 mm, full-duplex B; model EI3002ID, Felixcan, Albacete, Spain), and EH (4.4 g, 27.3 × 12.5 mm, half-duplex; model HP, Allflex Europe, Vitré, France).

²TypiFix ear tag biopsy system (Hilgertshausen-Tandern, Dachau, Germany).

³Using 1.5 mL eppendorf safe-lock tubes (Eppendorf Ibérica, San Sebastián de los Reyes, Madrid, Spain).

⁴Psion Teklogix Workabout Pro 3, Psion, Barcelona, Spain.

⁵Gesreader Smart, Rumitag, Esplugues de Llobregat, Spain.

Table 2. Slaughterhouse performances of RFID ear tags used for fattening pig traceability

Item	Exp.1 ¹	Exp.2 ²	Exp.3 ³			Total
	EF1	EH	EF1	EF2	EH	
Slaughterhouse						
Initial, No. (%)	654	129	107	94	110	1094
Not recorded, No. (%)	3 (0.5)	0	12 (0.1)	20 (0.2)	22 (0.2)	57 (0.1)
Recorded [1], No. (%)	651	129	95	74	88	1037 (0.9)
Electronic failures, No. (%)	-	-	6 (6.3)	4 (5.4)	0	10 (1.0)
Lost, No. (%)	273 (41.0)	1 (0.8)	21 (22.1)	10 (13.5)	4 (4.5)	309 (29.8)
Readable [2], No. (%)	378 (58.1)	128 (99.2)	68 (71.6)	60 (81.1)	84 (95.5)	718 (69.2)
Traceability						
On-Farm [3] ⁴ , %	93.7 ^{ax}	98.5 ^{by}	95.0 ^{abxy}	92.5 ^{ax}	98.2 ^{by}	94.7
Transportation [4] ⁴ , %	97.0 ^a	100 ^b	94.7 ^c	94.9 ^d	98.2 ^e	97.1
Slaughterhouse [2/1], %	58.1 ^a	99.2 ^b	71.6 ^c	81.1 ^c	95.5 ^b	69.2
Overall [2/1×3×4], %	52.8 ^a	97.7 ^b	64.4 ^{ac}	71.2 ^c	92.1 ^d	63.7

^{a,b,...,d} Mean values in the same row with a different superscript are different ($P < 0.05$).

^{x,y,z} Mean values in the same row with a different superscript tended to be different ($P < 0.10$).

¹ Commercial farm with EF1 full duplex-B electronic ear tags (EF1, 2.6 g, 23.2 × 12.2 mm; model Combi E23, OS ID, Østerdalen, Norway).

² Experimental farm with EH half-duplex electronic ear tags (EH, 4.4 g, 27.3 × 12.5 mm; model HP, Allflex Europe, Vitré, France).

³ Commercial farm with EF1, EH and EF2 full duplex-B electronic ear tags (EF2, 4.2 g, 27.9 × 13.5 mm; model EI3002ID, Felixcan, Albacete, Spain).

⁴ Previous results from Grassi et al. (2013).

5.4.2 Animals and Management

A detailed description of the animal management on each farm and on-farm and transportation performances of the RFID devices used was reported by Grassi et al. (2013) and was summarized in Table 1.

Exp. 1. A total of 654 pigs and identified with EF1 ear tags, from 1,033 crossbreed piglets born and fattened in a commercial farm as traced by Grassi et al. (2013), were harvested in a commercial slaughterhouse (Escorxador Frigorific d'Avinyó, Avinyó, Barcelona, Spain) at approximately 100 kg of BW and used to analyze the performance of the EF1 ear tags during the slaughtering process.

Exp. 2. A batch of 129 pigs similar to those of the Exp. 1, identified with EH ear tags at weaning (28 d) and fattened under experimental conditions, were slaughtered at the same body weight as in Exp.1 in an experimental slaughterhouse (Centre de la Carn, Monells, Girona, Spain) and also used to evaluate the performance of the EH ear tags during slaughtering.

Exp. 3. A total of 374 weaned piglets (28 d) similar as those used in Exp. 1 and 2 and identified with 3 types of RFID ear tag (EF = 151, EF2 = 140 and EH = 162) were used. Only 311 RFID ear tags (EF1= 107, EF2 = 94 and EH = 110) arrived to 3 commercial slaughterhouses (Le Porc Gourmet, Santa Eugenia de Berga, Barcelona; Escorxador de la Garrotxa, Olot, Girona; and, Escorxador Comarcal del Moianès, Moià, Barcelona, Spain) for to be monitored and evaluated.

5.4.3 Slaughtering Conditions

Pigs were slaughtered in weekly batches for a period of 21 wk on Exp.1 (95 pigs/batch), 3 wk on Exp.2 (40 pigs/batch) and 4 wk on Exp.3 (70 pigs/batch). All animals were transported to the slaughterhouse with specially adapted trucks after 12-h fasting but with free access to water.

The same type of carbon dioxide stunning was used in all slaughterhouses. Scalding temperature was also similar among slaughterhouses (60 to 65°C) which was followed by equivalent peeling, flaming and evisceration processes. Nevertheless, differences in slaughtering line speed across slaughterhouses were observed, being 6 pigs/h in the experimental slaughterhouse (Exp.2), and ranging between 500 and 1,000 pigs/h in the commercial slaughterhouses (Exp.1 and 3).

5.4.4 Carcass Biopsying in the Slaughterhouse

As described in Grassi et al. (2013), the TypiFix biopsying system (Hilgertshausen-Tandern, Dachau, Germany) was used in a random sample of live pigs to collect a biological sample of ear tissue at ear tag insertion in all experiments (Table 3). Ear biopsies were transported at room temperature and stored frozen (-20°C) until analysis.

In order to audit the whole traceability system, 97 tissue samples also were taken using 1.5 mL eppendorf safe-lock tubes (Eppendorf Ibérica, San Sebastián de los Reyes, Madrid, Spain) from carcasses at the end of the slaughtering line across experiments (Table 3). The high slaughtering line speed in some cases, made carcass sampling at the end of the slaughter line harder and it was necessary to complete the sampling in the cooling room. The eppendorf tubes were identified with a correlative number and stored frozen until analysis.

Correspondences between RFID ear tags, TypiFix containers and eppendorf tubes were stored in a data base.

Table 3. Samples collected and analyzed for traceability auditing

Item	Tissue	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Total
Collected, No.					
On-Farm	Ear	30	56	97	183
Slaughterhouse	Carcass	18	56	23	97
Analyzed, No.[1]		18	56	21	95
No matching ¹	-	2	1	2	5
Amplification failures [2]	-	1	0	1	2
Positively audited [3]	-	15	55	18	88
Matching rate ² [3/(1-2)], %	-	88.2 ^a	98.2 ^b	90.0 ^a	94.6
Compliance ³ [3/1], %	-	83.3 ^a	98.2 ^b	85.7 ^a	92.6

^{a,b} $P < 0.05$

¹ With their corresponding pair.

² Amplified samples that matched its homologous.

³ Samples that followed the traceability auditing procedure

5.4.5 Microsatellites Analysis and Traceability Auditing

A total of 95 pairs of biological samples (ear and carcass tissues) were analyzed for DNA microsatellites (short tandem repeat) in the three experiments conducted, as shown in Table 3. With this aim, a set of 12 microsatellites selected for their informativity from the porcine panel of markers recommended by the International Society for Animal Genetics (**ISAG**) for parentage verification (ISAG, 2012), and providing a power of exclusion with a probability greater than 99.9%, were used for initial analysis of individual identification according to

Nechtelberger et al. (2001), Hernández-Jover (2006) and Boitard et al. (2010). The description of the microsatellites set is shown in Table 4.

Table 4. Characteristics of the porcine microsatellite panel used

Set	Microsatellite	Size	Chromosome	Sequence
I	SW911	153-167	9	CTCAGTTCTTTGGGACTGAACC CATCTGTGGAAAAAAAAAAGCC
	SW857	136-158	14	TGAGAGGTCAGTTACAGAAGACC GATCCTCCTCCAAATCCCAT
	SW240	94-112	2	AGAAATTAGTGCCTCAAATTGG AAACCATTAAGTCCCTAGCAAA
	S0090	239-245	12	CCAAGACTGCCTTGTAGGTGAATA GCTATCAAGTATTGTACCATTAGG
II	SW936	92-117	15	TCTGGAGCTAGCATAAGTGCC GTGCAAGTACACATGCAGGG
	SW72	101-117	3	ATCAGAACAGTGCGCCGT TTTGAAAATGGGGTGTTC
	S0155	148-164	1	TGTTCTCTGTTTCTCCTCTGTTG AAAGTGGAAAGAGTCAATGGCTAT
III	S0101	196-214	7	GAATGCAAAGAGTTCAGTGTAGG GTCTCCCTCACACTTACCGCAG
	SW951	120-128	10	TTTCACAACCTCTGGCACCAG GATCGTGCCCAAATGGAC
	S0355	245-272	15	TCTGGCTCCTACACTCCTTCTTGATG TTGGGTGGGTGCTGAAAAATAGGA
	S0386	166-184	11	TCCTGGGTCTTATTTTCTA TTTTTATCTCCAACAGTAT
	SW24	95-115	17	CTTTGGGTGGAGTGTGTGC ATCCAAATGCTGCAAGCG

The DNA analyses were performed in the Molecular Genetics Veterinary Service (SVGM) of the Universitat Autònoma de Barcelona (Bellaterra, Barcelona, Spain). Genomic DNA extraction was performed using the QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen Iberia, Madrid, Spain) under standard protocol conditions. Automatic purification of DNA was done employing the QIAcube (Qiagen Iberia, Madrid, Spain). Amplification reactions were carried out in a MJ Research PTC-200 Thermo Cycler (MJ Research, Watertown, MA) with the following conditions: 1 cycle of 10 min at 94°C; 35 cycles of 30 s at 94°C, 1 min at 58°C, 1 min at 72°C;

and 1 cycle of 15 min at 72°C. Microsatellite genotyping was performed in capillary electrophoresis using ABI Prism 3730 equipment (Applied Biosystems, Carlsbad, CA) and the resulting profiles were interpreted by using Gene Mapper software (Applied Biosystems).

5.4.6 Statistical Analysis

Statistical analysis of data was conducted by using SAS (version 9.1, SAS Inst. Inc., Cary, NC). Readability, electronic failures and losses of identification devices were analyzed within Exp. 3 and between experiments (Exp. 1 to 3) by using the CATMOD procedure of SAS, assuming a binomial distribution of the variables and a Logit model with an estimation method of maximum likelihood (Cox, 1970). The models included the fixed effect of the RFID device type (EF1, EF2 and EH), and the random effects of the animal and the error.

No significant effects were removed from the model. Significance between means was declared at $P < 0.05$ by using the Tukey's test of SAS. Tendencies were declared at $P < 0.10$.

5.5 RESULTS AND DISCUSSION

No negative effects on external carcass traits or carcass damages were detected as a consequence of using the RFID ear tags during slaughterhouse process in all the experiments. Slaughterhouse and overall traceability results obtained across the experiments are shown in Table 2.

5.5.1 RFID Ear Tag Performances in the Slaughterhouse and Overall Traceability

Exp.1. Only 378 carcasses from 651 pigs monitored during slaughter retained their EF1 at the end of the slaughtering line (Table 2). Total losses and failures of RFID ear tags during the slaughtering process in our data were greater than those previously reported under a wide range of slaughtering conditions varying from 0 to 12.1% (Gosálvez et al., 2007; Santamarina et al., 2007). Moreover, Santamarina et al. (2007) reported 11.5% losses and 0.6% electronic failures of RFID ear tags.

Regarding the available references specifically referred to losses and failures of full-duplex B ear tags in the slaughterhouse period under similar harvesting conditions to those used in our data, the reported values ranged from 3.8 to 12.1% (Huiskes et al., 2000; Gosálvez et al., 2007; Santamarina et al., 2007) and were markedly lower than our data.

As a consequence, our slaughter traceability results (58.1%) were worse than reported by Hernández-Jover (2006; 91.7 to 96%), Gosálvez et al. (2007; 71 to 100%) and Santamarina et al. (2007; 87.5 to 95.4 %). Moreover, overall traceability from birth to carcass release, when the previous results of Grassi et al. (2013) were taken into account, resulted 52.8% which was unsatisfactory for practical use.

Exp.2. With regard to the 129 pigs intended for slaughter and identified with the EH ear tags, only 0.8% losses ($n = 1$) were observed during the slaughtering process. Moreover, no electronic failures were detected (Table 2) and the value of total losses and failures reported in this case was smaller than those above reported for different RFID ear tag types during slaughtering (Caja et al., 2005; Hernández-Jover, 2006; Santamarina et al., 2007). The high RFID ear tag retention was a consequence of the slow and careful slaughtering conditions used in the experimental slaughterhouse. Compared with the reported values specifically referred to half-duplex ear tags in slaughtered pigs, our total values were also lower than those of Huiskes et al. (2000; 3.4%), Gosálvez et al. (2007; 8.5%) and Santamarina et al. (2007; 4.6%).

As a result, slaughtering traceability was 99.2% in our data, which was greater than those reported by Hernández-Jover (2006; 96.0 %) and Santamarina et al. (2007; 95.4 %) but lower than Gosálvez et al. (2007) who reported a 100% slaughtering traceability in Iberian pigs under small slaughterhouse conditions (approximately 80 to 180 pigs/h). Finally, the overall traceability from weaning to carcass release, taking into account the previous results of Grassi et al. (2013), was 97.7% which was near the retention value recommended by ICAR (2011; > 98 %) for official identification.

Exp.3. Comparison of EF1, EF2 and EH ear tags that were present at the start of the slaughtering line (n = 257; Table 2), from weaning to slaughter and under same fattening conditions, showed marked differences of RFID ear tag losses and electronic failures during slaughtering line. Values of total losses by RFID ear tag type (EF1, EF2 and EH, respectively) being 28.4, 18.9 and 4.5%, respectively (Table 2). Electronic failures by ear tag type were 6.3, 5.4 and 0%, respectively, and hence, EH readability was greater than EF2 and EF1 (Table 2; $P < 0.05$). No differences between EF1 and EF2 were detected ($P = 0.155$).

Result of losses reported for EF1 in Exp. 1 was greater than the value for the same RFID ear tag in Exp. 3 (41.0 vs. 22.1%, respectively; $P = 0.013$; Table 2). This may be a consequence of the weaker separation strength measured between male and female parts of the button ear tag in Exp.1 vs. 3 (274 ± 6 vs. 307 ± 6 N, respectively, $P < 0.001$; Grassi et al., 2013). Nevertheless, no differences were detected in EH losses between Exp. 2 and 3 ($P = 0.108$) despite the differences also shown in their separation strength (279 ± 2 vs. 317 ± 4 N, respectively, $P < 0.001$; Grassi et al., 2013) because the soft experimental slaughtering conditions of Exp. 2. These results questioned the minimum value for ear tag separation strength recommended by ICAR (2011; 280 N) in the case of pigs slaughtered under commercial conditions which, according our results should be greater than approximately 320 N for minimizing the slaughtering losses.

Slaughterhouse traceability results for EF1, EF2 and EH in the conditions of Exp. 3, were 71.6, 81.1 and 95.5%, respectively (Table 2). No differences between EF1 and EF2 were detected ($P = 0.155$) but the EH value was greater than the others ($P < 0.001$). Comparing slaughterhouse traceability of RFID ear tags across experiments, only EF1 significantly differed being their values in Exp. 3 greater in Exp. 1 ($P = 0.013$; Table 2). Values of slaughterhouse traceability in Exp. 3 were lower for EF1 and EF2 than those specifically reported by Hernández-Jover (2006; 91.7%) and Santamarina et al. (2007; 87.8%) for full-duplex B transponders. Moreover, EH values of Exp. 3 were similar to those specifically reported by Hernández-Jover. (2006; 96.0%) and Santamarina et al. (2007; 95.4%) for half-duplex transponders, supporting the validity of our data. Additionally, these results showed the greater performances of half-duplex vs. full-duplex B RFID ear tags when different data were compared under slaughtering conditions in pigs.

Finally, overall traceability from weaning to carcass release for EF1, EF2 and EH in the conditions of Exp. 3, were 64.4, 71.2 and 92.1%, respectively, when those of Grassi et al. (2013) were taking into account. Value of EH traceability was greater ($P < 0.001$) than EF1 and EF2 which did not differed between them ($P = 0.429$). Across experiments, the superiority of EH RFID ear tag was maintained, although the value of EH was greater under experimental farm and slaughtering conditions of Exp. 2 when compared to the commercial conditions of Exp. 3 ($P = 0.043$; Table 2). Our overall traceability data fell in the wide range (45.3 to 94.0%) of previously published data (Hernández-Jover, 2006; Gosálvez et al., 2007; Santamarina et al., 2007), but agreed with the more specific ranges published for full-duplex B (75.2 to 91.0%; Gosálvez et al., 2007; Santamarina et al., 2007) and half-duplex (45.3 to 94.0%; Hernández-Jover, 2006; Gosálvez et al., 2007; Santamarina et al., 2007) RFID ear tags.

5.5.2 Traceability Auditing by DNA Microsatellites

Results of the analysis of ear and carcass tissue samples used for auditing are shown in Table 3. From the 183 ear samples previously collected from fattening pigs (Grassi et al., 2013), 95 had their corresponding carcass tissue pair and were analyzed (51.9%) for the DNA microsatellites set chosen. Two samples (2.1%) failed to amplify and 5 (5.3%) more did not match with its homologous, resulting finally a 92.6% compliance of the auditing procedure (percentage of samples that were able to be audited by DNA). Matching rate of the amplified samples was 94.6% on average, ranging between 88.2 and 98.2 % across experiments (Table 3).

These errors may be attributed to involuntary confusions of the operators occurred during collecting, identifying and analyzing the DNA samples, and can be considered as the noise of the DNA traceability system under practical conditions. Among the key steps detected in the whole traceability pig meat chain, the process of sampling the carcass tissue manually was dramatically affected by the speed of the slaughtering line, probably being the most important cause of error.

Our compliance results of where, on average, close to those reported by Hernández-Jover (2006; 96.0%), using a similar traceability system based on intraperitoneally injected transponders and DNA auditing in fattening pigs, but positively influenced by the careful slaughtering conditions used in Exp. 2. So, they were lower than in Hernández-Jover (2006; 96.0%) when they were compared for the commercial conditions of Exp. 1 and 3 (Table 3) in which traceability compliance averaged 84.6%. Moreover, our data fell in the range of variation of those reported by Caja et al. (2008; 53.8 to 100%) in a large scale traceability project under varied management conditions (from experimental to extensive) in fattening pigs.

5.6 CONCLUSIONS

Overall traceability results from farm to carcass release obtained in our experiments, under commercial and experimental conditions, showed a large variation (52.8 to 97.7 %) according to the RFID type and the slaughtering conditions used. Fattening conditions accounted for a lower variation in the overall traceability results. Moreover, RFID losses were identified as the most important cause for losing the traceability from farm to carcass release, stressing the importance of the ear tag design and its quality control, in our data evaluated as the separation strength between male and female parts of the button ear tags. Electronic failures were less important than losses of RFID ear tags for overall traceability, being the ear tags of half-duplex technology more effective than those of full-duplex B technology for ensuring the whole traceability of pigs under commercial conditions.

On the other hand, traceability auditing for the DNA microsatellites set used, showed compliance values which ranged between 83.3 and 98.2% according to the experimental conditions. Auditing results were affected by sample quality, mainly by carcass tissue sample correspondence, evidencing the necessity of implementing automated or tamper-proof sampling procedures for avoiding human errors under the fast and stressful pig slaughtering conditions.

Finally the use of quality electronic ear tags and DNA auditing are recommended as a suitable methodology for implementing an efficient traceability system in the pig industry, although further research is necessary to improve the RFID ear tag retention and to simplify the carcass sampling process for auditing.

**CAPITULO 6: LES ELEVEURS ET L'IDENTIFICATION
ELECTRONIQUE EN FRANCE**

CAPITULO 6

Article 3 : Rétifs à l'innovation ou rebelles à l'avenir : Résistances d'éleveurs à l'identification électronique de leurs animaux.

Artículo 3: Reticencias a la Innovación o Rebeliones frente al Futuro: Resistencia de los Ganaderos a la Identificación Electrónica de sus Animales.

6.1 RESUMEN

El mercado de la identificación electrónica por radiofrecuencia (RFID) para los animales y la agroalimentación es de gran importancia económica y muchos países están interesados en esta tecnología que podría ser usada en diversos sectores. La Unión Europea se ha comprometido a identificar con RFID a todo el ganado europeo y para ello se va definiendo legislación específica progresivamente. Se han movilizado importantes recursos para convencer a los ganaderos. Sin embargo, algunos ganaderos se niegan a identificar electrónicamente a sus animales. A partir de textos legales, entrevistas con los actores de la ganadería y opositores a la RFID hemos tratado de comprender las razones de esta resistencia. Si bien los defensores de la RFID lo perciben como un ejemplo de "resistencia al cambio", aquí se propone describirlo más bien como una reivindicación al cambio radical en lo que se refiere a la relación del trabajo en la ganadería.

6.2 RESUMÉ

Le marché de l'identification électronique (RFID) pour les animaux et l'agro-alimentaire est d'une grande importance économique et plusieurs pays sont intéressés par cette technologie qui peut être utilisable dans différents secteurs. L'Union Européenne a entrepris de faire identifier par RFID l'ensemble du cheptel européen et une réglementation *ad hoc* est progressivement définie. Des moyens importants sont mis en œuvre pour convaincre les éleveurs. Pourtant certains éleveurs refusent l'électronisation de leurs animaux. A partir de textes réglementaires, d'entretiens avec des acteurs de l'élevage et d'opposants à la RFID, nous avons cherché à comprendre les raisons de cette résistance. Alors qu'elle est perçue par les promoteurs de la RFID comme un exemple de « résistance au changement », on propose de la décrire au contraire comme une revendication de changement radical dans le rapport de travail entre humains et animaux en élevage.

6.2 INTRODUCTION

Le marché de l'identification électronique (RFID) pour les animaux et pour l'agro-alimentaire est un marché hautement profitable, estimé en 4 milliards de dollars d'ici 2021². Du Canada à la Chine en passant par les Etats-Unis, la Russie, la Nouvelle Zélande ou l'Europe, tous les pays semblent intéressés par le développement de cette technologie, non seulement dans les productions animales et l'agro-alimentaire, mais aussi dans les secteurs du commerce, de la santé, de la défense, des transports, de l'environnement... Des milliards d'objets sont des cibles potentielles de la RFID, des millions d'animaux mais aussi peut-être à terme des millions de personnes.

² <http://www.idtechex.com/research/articles/4-09-billion-market-for-rfid-for-animals-and-food-in-2021-00003917.asp>

Depuis au moins 1991 (Lambooij, 1991), l'Union Européenne soutient les recherches relatives à l'identification électronique des animaux domestiques. L'objectif est *in fine* d'électroniser³ tout le cheptel européen des animaux d'élevage, soit environ 200 millions de bovins, moutons et chèvres, 151 millions de porcs, ainsi que 50 millions de chiens et de chats, 6 millions de chevaux... La première raison invoquée pour justifier cette vaste entreprise est d'ordre sanitaire. Il s'agit d'assurer la traçabilité des produits et des animaux au sein de l'UE et dans les échanges internationaux, notamment en cas de crises sanitaires. Pour ce faire, l'identification des animaux par boucle auriculaire ou tatouage est jugée insuffisante, c'est pourquoi les éleveurs et les propriétaires d'animaux sont progressivement contraints d'adopter la RFID.

Depuis quelques années toutefois, on constate en France une opposition d'éleveurs et de groupes d'éleveurs, marginale mais très active et argumentée, à cette obligation d'électronisation de leurs animaux. Cette opposition constitue-t-elle un cas de résistance à l'innovation et au changement, tel qu'étudié notamment en agriculture, pour comprendre et lever l'esprit routinier des agriculteurs et leur défense du *status quo* ou est-elle au contraire le témoin de démarches innovatrices en élevage ?

Dans un premier temps, nous présenterons un état des lieux de la réglementation dans différents pays en regard des arguments des pouvoirs publics, de l'encadrement des éleveurs et des sociétés commerciales pour promouvoir cette technologie⁴. Nous nous intéresserons ensuite aux arguments des opposants à l'électronisation dans le contexte de la dynamique d'industrialisation des productions animales. Notre étude s'appuie sur une recherche

³ C'est le terme utilisé en France (<http://idele.fr/recherche/publication/idelesolr/recommends/identification-et-tracabilite-des-ovins-les-supports-de-communication-a-destination-des-eleveu.html>).

⁴ Ce texte résulte d'une rencontre entre Paula Grassi, doctorante en production animale à l'Universitat Autònoma de Barcelona, et Jocelyne Porcher alors que Paula s'interrogeait sur le point de vue uniquement technique de sa thèse.

bibliographique (réglementations nationales et européennes, documents de promotion, argumentaires des opposants...) et sur 13 entretiens dont 6 avec des techniciens (Institut de l'Élevage, Institut du Porc, Direction Dep. Des Services Vétérinaire, Institut Technique de l'Agriculture Biologique, Institut National de la Recherche Agronomique) et 7 avec des éleveurs non engagés dans l'opposition à l'électronisation, ainsi que sur des rencontres avec des opposants, éleveurs ou non lors de débats publics.

6.4 ELECTRONISATION DES ANIMAUX DOMESTIQUES ET TRAÇABILITE DES PRODUITS ANIMAUX

L'identification des animaux domestiques a été, jusqu'aux années 2000 en Europe, réalisée par bouclage auriculaire ou tatouage et grandement laissée à l'appréciation des Etats. A la suite de la crise de la « vache folle », l'identification et le traçage des produits d'origine bovine ont été renforcés⁵ : double boucle auriculaire, tenue de registres sur l'exploitation, établissement de passeport pour les animaux, base de données nationale informatisée.

En 1993/1994, le FEOGA (Fonds Européen d'Orientation et de Garantie Agricole) finance un projet (CCAM 93-342) qui sert de banc d'essai dans trois pays (Italie, Espagne, Portugal) où différents systèmes d'électronisation sont testés en laboratoire et *in situ* sur 10 000 animaux (ovins, bovins, caprins). Un nouveau projet AIR⁶ 2304 (1995-1998) est ensuite lancé. Cette fois, il concerne six pays (Allemagne, Belgique, Espagne, Pays-Bas, Portugal et Grande Bretagne) et 25 000 animaux (bovins, ovins, caprins). Les résultats étant jugés encourageants, un projet plus ambitieux est mis en place, le projet IDEA – Identification Electronique des Animaux- (1998-2002). Il vise à vérifier sur le terrain la faisabilité de

⁵ Règlement CE n° 1760/2000 du Parlement européen et du Conseil

⁶ Agriculture and Agro-Industry Research

l'électronisation de l'ensemble du cheptel européen des ruminants et la fiabilité des équipements. Le projet IDEA concerne six pays européens (France –Sud Est, Bourgogne, Bretagne-, Allemagne, Italie, Pays-Bas, Portugal, Espagne) et plus de 900 000 animaux (385.000 bovins, 500.000 ovins, 29.000 caprins). Les recommandations du rapport final de ce projet⁷, vont dans le sens d'une électronique de tout le cheptel européen (>300 millions d'animaux)⁸. Il semblerait, à l'heure actuelle, que nous soyons entrés dans cette dernière phase. En France, l'électronisation des chevaux est obligatoire depuis 2008. Depuis le 1^{er} juillet 2010, obligation est faite aux éleveurs français de moutons et de chèvres d'électroniser leurs bêtes, tous les ovins et caprins devant être identifiés électroniquement en 2013. L'électronisation des bovins est pour l'instant facultative, mais hautement recommandée par l'Institut de l'Elevage. L'Institut du porc par contre ne semble pas considérer que l'électronisation soit une priorité pour la filière.

⁷Joint Research Center European Commission - Institute for the Protection and Security of Citizen : <http://idea.jrc.it/pages%20idea/index%20of%20final%20report.htm> ; <http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm> ; <http://ipsc.jrc.ec.europa.eu/>

Ce rapport n'est plus disponible en ligne. Les pages initiales sont vides

⁸ Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 2001, 20 (2), pp 426-436

**6.5 ETAT DES LIEUX DE LA SITUATION ACTUELLE DE LA
REGLEMENTATION EN RELATION A L'IDENTIFICATION ANIMAL
ELECTRONIQUE (IDENTIFIANT EXTERNE) DANS QUELQUE PAYS**

Localisation	Exemples Pays	Animaux	Electronisation obligatoire	Dispositions transitoires	Réglementation (obligation electronisation)
Europe ²	France	Bovins	Non	–	–
		Moutons et Chèvres	Oui	Arrêté du 8 décembre 2009 (Juillet 2010-2013)	Règlement CE 21/2004 (obligation à partir du 1 ^{er} Janvier 2008 ³)
		Porcs	Non	–	–
		Chiens-chats	Oui (pour sortir de France)	Règlement CE 998/2003 (3 Juillet 2011)	Règlement CE 998/2003 (obligation à partir du 3 Juillet 2004 avec période transitoire jusqu'en juillet 2011)
		Chevaux	Oui	Arrêté du 20 avril 2002 et arrêté 21 mai 2004 (1 ^{er} Janvier 2008)	Règlement CE 504/2008 (obligation à partir du 1 ^{er} Juillet 2009)
	Espagne	Bovins	Non	–	–
		Moutons et Chèvres	Oui	Real Decreto 1486/2009 (Janvier 2010)	Règlement CE 21/2004 (obligation à partir du 1 ^{er} Janvier 2008)
		Porcs	Non	–	–
		Chiens-chats	Oui	Règlement CE 998/2003 (3 Juillet 2011)	Règlement CE 998/2003 (obligation à partir du 3 Juillet 2004 avec période transitoire jusqu'en juillet 2011)
		Chevaux	Oui	Real Decreto 1515/2009 (1 ^{er} Juillet 2009)	Règlement CE 504/2008 (obligation à partir du 1 ^{er} Juillet 2009)
Amérique du Sud	Brésil	Bovins	Non	–	–
		Moutons et Chèvres	Non	–	
		Porcs	Non	–	
		Chiens-chats	Oui, selon certaines villes	Janvier 2010	
		Chevaux	Oui	–	
Océanie	Nouvelle Zélande	Bovins	Oui	–	Obligatoire depuis 1 ^{er} Juillet 2012 pour le cheptel (National Animal Identification and Tracing Act 2012)
		Moutons et Chèvres	Oui	–	
		Porcs	Oui	–	
		Chiens-chats	Oui	–	
		Chevaux	Oui	–	

¹ À exception de l'Amérique du Nord. Le 20 Décembre 2012, le Département d'Agriculture des États-Unis (USDA) annonce le règlement final pour l'identification animale où on reconnaît différents systèmes d'identification et son obligatoire pour les mouvements interétat (<http://www.aphis.usda.gov/traceability/>). ² Général pour tous les pays de l'Union Européenne. ³ Règlement modifié par le Règlement d'exécution n° 45/2012 de la Commission du 19 janvier 2012, qui concerne les documents de circulation.

6.6 TECHNIQUES DE L'ELECTRONISATION

Les systèmes d'identification électronique (RFID) sont constitués de deux structures: d'une part nous avons un dispositif électronique passif appelé transpondeur et d'autre part, nous avons le transceiver ou lecteur qui est chargé de détecter le transpondeur (Figure 1). Le terme transpondeur provient des mots anglais transmettre (transmission) et de répondre (réponse) et définit les dispositifs électroniques capables de stocker et ensuite transmettre l'une des données ou le code qui va être utile pour l'identification individuelle de l'animal qui le porte.

Les éléments qui constituent un transpondeur sont : un circuit électronique imprimé connecté à une puce de silicium (où les informations sont enregistrées), un ou deux condensateurs (pour le stockage d'énergie) et une antenne constituée d'une bobine de cuivre, avec ou sans un noyau de ferrite pour augmenter son efficacité (Conill et al., 1996 ; Caja et al., 1998, 2000 ; Ribó et al., 2001). Par contre, les lecteurs ou transceivers sont des équipements électroniques plus complexes dont le noyau central est un module de radiofréquence (RF) responsable de l'émission, réception et interprétation d'un signal RF avec l'aide d'une antenne (Caja et al., 2002; Figure 2.)

Figure 1. Système RFID (Source : www.inst-elevage.asso.fr)

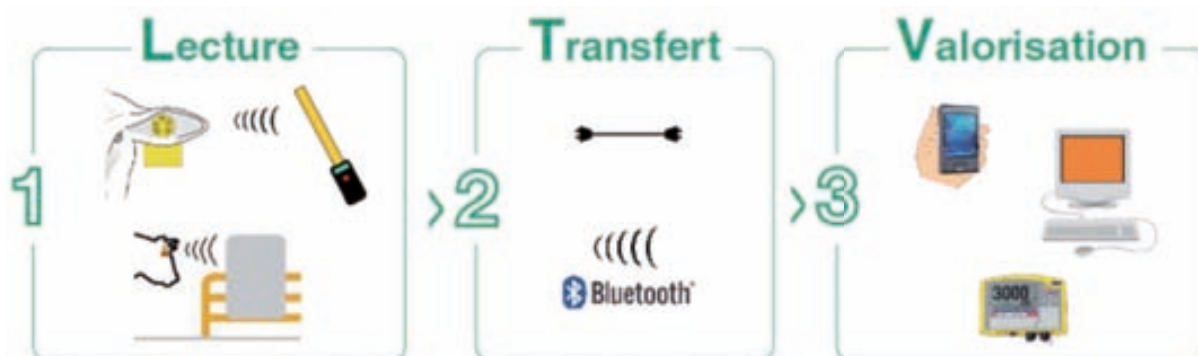


Figure 2. Exemples modèles différents de trancivers ou lecteurs (plusieurs sources)



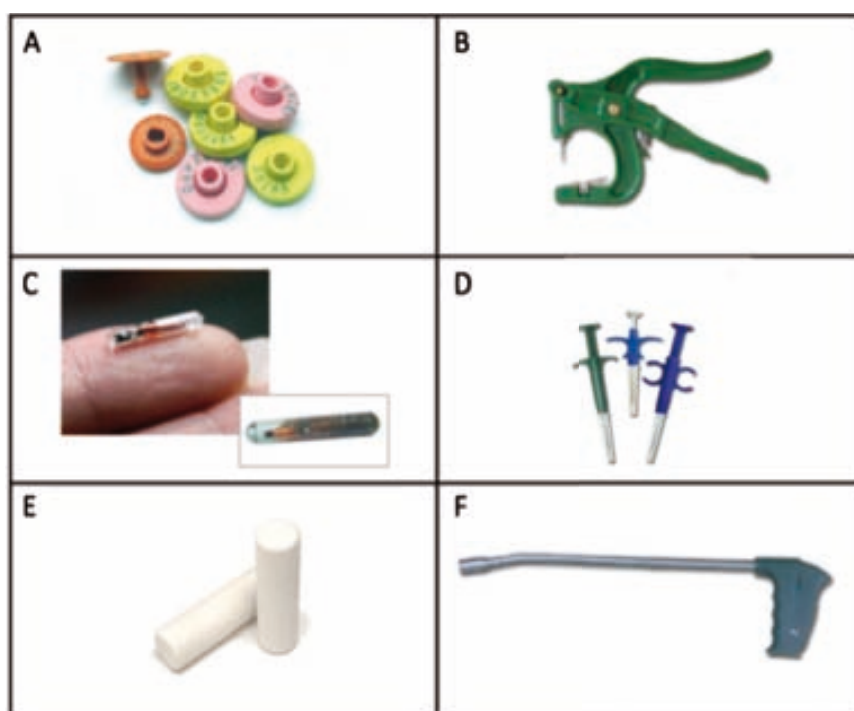
Tout d'abord, un système RFID doit répondre à certaines exigences de base: qu'il lise les animaux à une distance de travail et aussi en mouvement, qu'il fonctionne sans batteries, qu'il soit durable et qu'il soit inoffensif pour les animaux et les humains, qu'il utilise un signal codé qui peut être traité automatiquement par un ordinateur (Figure 1), qu'il ait un faible niveau d'erreurs d'identification et de lecture, qu'il résiste aux conditions environnementales dans lesquelles vivent les animaux et qu'il ait un coût raisonnable (Caja et al., 1998). En plus des exigences d'un système RFID, il ne faut pas manquer d'inclure comme critère d'élection, le type de technologie. Dans le marché on trouve deux types de technologies qui se distinguent selon le système de communication qu'il y a entre le transpondeur et le lecteur: d'un côté nous avons les appareils de technologie *half-duplex* (HDX) qui ont une communication bidirectionnelle, mais pas simultanée entre le transpondeur et le lecteur, c'est à dire, le lecteur émet l'onde de radiofréquence, il s'arrête, et attend la réponse du transpondeur. Et, de l'autre côté, nous avons les dispositifs *full-duplex B* (FDX-B) dans laquelle la communication entre le transpondeur et le lecteur est bidirectionnel et simultanée, c'est à dire, le lecteur émet l'onde de radiofréquence et au même temps que décode l'onde émise par le transpondeur et envoie la réponse (Caja et al., 1998; Montejo, 2007).

L'identification électronique peut être appliquée à la fois à l'extérieur de l'animal ou à l'intérieur en fonction du type d'animal et du système de gestion appliquée dans la grange.

Les systèmes qui existent actuellement dans le marché et plus utilisés sont les suivants:

- Boucle électronique: En général, on les trouve sous la forme de boucle pour les oreilles et ils seront donc recouverts et protégés avec une matière plastique et ils peuvent être appliqués en utilisant un système de fixation spécial pour boucles (Figure 3A et 3B).

Figure 3. Systems d'identification animal : A. Boucle électronique ; B. Applicateur pour boucles ; C. Transpondeur injectable; D. Applicateur pour transpondeur injectable ; E. Bolus ruminal ; F. Applicateur pour bolus ruminal (plusieurs sources)

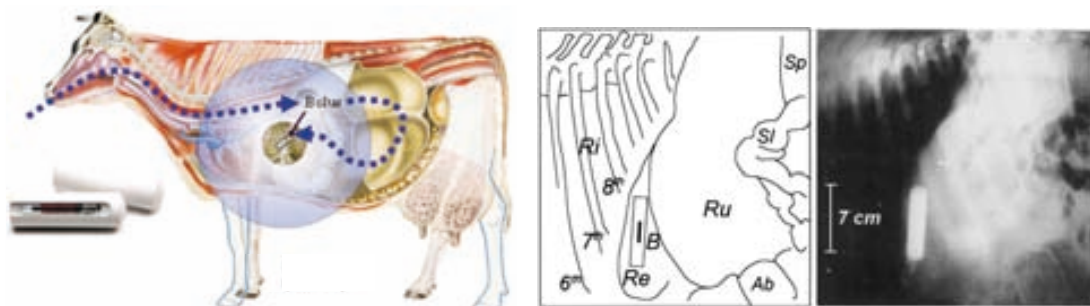


- Transpondeur injectable: Dans ce cas, le transpondeur est recouvert avec une capsule de verre ou plastique biocompatible. Il doit être injecté directement sous la peau de l'animal avec l'aide d'une aiguille et un applicateur spécial pour cela (Figure 3C et 3D). C'est un dispositif que peut être administré à tout âge et permet plusieurs points d'application

différents, mais avec des retentions aussi variables et dépendants de la taille du transpondeur (Conill et al., 2000, 2002). Par contre, il faut noter que le principal problème avec les transpondeurs injectables chez quelques espèces, comme les porcs, est d'établir la localisation optimale d'application, car il y a des risques de migration et de non récupération du dispositif une fois arrivé à l'abattoir provoquant un certain risque dans le produit final (marché de la viande).

- Bolus ruminal : Ce système est exclusif pour les ruminants et pseudo-ruminants (bovins, ovins, caprins et camelins). Comme c'est connu, les ruminants ont un estomac plus spécialisé qui comporte 3 ou 4 poches qui permettent de faire digérer la fibre que l'animal ingère. Les bolus ruminants sont des capsules en céramique ou plastique de 3 à 7 cm de long et 1 à 3 cm de large, pour les bolus standard (bovins) ou les minibolus (ovins), respectivement, qui contient une puce électronique (figure 3E et 3F) et qui sont appliqués par voie orale dans le réticulum (ou second estomac ; figure 4) des animaux, permettant ainsi d'identifier l'animal pendant toute sa vie.

Figure 4. Situation du bolus ruminal dans les bovins (Caja et al., 1999)



6.7 POURQUOI ELECTRONISER ?

Les arguments de l'Union Européenne pour justifier l'identification électronique du cheptel européen sont multiples. Deux arguments sont prépondérants et récurrents dans les textes : la gestion des crises sanitaires et la traçabilité.

6.7.1 Gestion des Crises Sanitaires

Le projet européen d'identification des animaux domestiques s'enracine dans la crise dite de « la vache folle » dans les années 1990. L'abattage massif des animaux, notamment durant la phase d'abattage total des troupeaux qui a duré jusqu'en 2002, a suscité des protestations sociétales et durablement touché la filière bovine. Cet abattage a également généré de profondes souffrances chez les éleveurs, voire chez les personnes chargées des abattages (Charron et Gaignard, 2005). Les crises sanitaires qui ont suivi (peste porcine, grippe aviaire, fièvre aphteuse) ont renforcé la volonté européenne d'un contrôle des cheptels européens via l'identification électronique des animaux. Ainsi que le précisait en 2003 Philippe Busquin, commissaire européen à la recherche : « L'identification individuelle des têtes de bétail qui forment le cheptel de l'UE est essentielle pour empêcher les fraudes en matière agricole et renforcer les contrôles sanitaires et de sécurité. Cette mesure est absolument nécessaire car elle permet de suivre les animaux lors de grandes épizooties telle que la fièvre aphteuse⁹ ».

⁹ « L'ensemble du cheptel européen suivi à la trace grâce au marquage électronique », IP/03/624, 5 mai 2003 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-03-624_fr.htm?locale=FR

6.7.2 Traçabilité

Selon l'article 3 du Règlement CE 178/2002, la traçabilité est « la capacité de retracer, à travers toutes les étapes de la production, de la transformation et de la distribution, le cheminement d'une denrée alimentaire, d'un aliment pour animaux, d'un animal producteur de denrées alimentaires ou d'une substance destinée à être incorporée ou susceptible d'être incorporée dans une denrée alimentaire ou un aliment pour animaux ».

C'est pourquoi, suite aux préconisations du rapport du projet IDEA, le CESE (Comité Economique et Social Européen) soutenait en 2003, « la création au niveau de l'UE d'une base de données utilisant une terminologie et des normes de communication commune pour la gestion des informations concernant le bétail. Cette base de données constituerait un moyen d'information et d'enregistrement relatif aux animaux, aux exploitations, à l'identification, aux déplacements et à l'abattage éventuel ¹⁰».

Le système TRACES (TRAde Control and Expert System), entièrement placé sous le contrôle de l'UE, a remplacé le système ANIMO destiné à suivre les déplacements intra et extra communautaire des animaux, système pris en défaut lors de la crise de la peste porcine en 1997.

6.7.3 Les Arguments des Instituts Techniques

Les vétérinaires¹¹ et les instituts techniques, notamment l'Institut de l'élevage ont été chargés de communiquer sur l'identification électronique et de mettre en place l'électronisation effective des animaux en France. Les vétérinaires s'appuient essentiellement

¹⁰ Journal Officiel de l'Union Européenne. Avis du Comité économique et social européen sur la « Proposition de règlement du Conseil établissant un système d'identification et d'enregistrement des animaux des espèces ovine et caprine et modifiant le règlement (CEE) n° 3508/92 ». COM(2002) 729 final – 2002/0297 (CNS) – 2003/C 208/08

¹¹ Le terme « vétérinaire » désigne ici les vétérinaires de cabinet en charge des animaux de compagnie

sur la réglementation à venir¹² et sur l'intérêt de l'électronisation pour retrouver les animaux perdus. Il n'est pas question dans l'argumentaire des vétérinaires de gestion de crises sanitaires bien que cet objectif soit commun pour l'ensemble du cheptel (abattage des animaux d'une zone touchée par la fièvre aphteuse, par exemple).

Le processus d'électronisation du cheptel ovin et caprin français a donné lieu à des recherches de pré-déploiement auprès de 100 éleveurs (2005) puis de 200 éleveurs (2008-2010). Ce pré-déploiement avait plusieurs objectifs dont deux visaient à obtenir l'adhésion des éleveurs à l'électronisation : « -augmenter le nombre d'éleveurs impliqués, en diversifiant les populations, en faisant entrer des éleveurs moins utilisateurs, dans le but de faire adhérer les éleveurs, et d'aborder en amont les questions que l'arrivée de l'identification électronique poseraient. Ce qui permettraient également d'augmenter le nombre d'animaux identifiés électroniquement et donc les possibilités de lecture au niveau des structures d'aval : centre de rassemblement, abattoir » ; - Communiquer fortement et durablement sur l'arrivée de l'obligation réglementaire, en s'appuyant notamment sur les salons nationaux (Tech'Ovin, Sommet de l'élevage) et régionaux ainsi que sur des réunions locales d'information (Holtz et al., 2010) ».

Les arguments de communication des instituts techniques s'appuient sur le caractère obligatoire de la réglementation mais aussi sur l'intérêt pratique de l'électronisation du point de vue du travail. L'électronisation est un plus par rapport au marquage par boucle car la boucle peut se casser ou se perdre ; l'enregistrement manuel des données est lent ; les erreurs de transcriptions sont fréquentes ; le contact visuelle avec l'animale est obligatoire. Nos entretiens auprès des techniciens témoignent toutefois d'un certain scepticisme de leur part

¹² A l'heure actuelle en France, l'électronisation des animaux de compagnie n'est obligatoire qu'en cas de sortie du territoire français.

quant à la valeur ajoutée réelle de l'électronisation par rapport aux méthodes actuellement utilisées mais il semble ne pas tenir en compte le temps et erreurs de transmission de l'information manuelle. Nous y reviendrons plus loin.

L'entreprise d'électronisation du cheptel européen est présentée comme un vecteur évident et incontournable de la modernité des productions animales, la modernité étant elle-même donnée à penser comme la condition *sine qua non* de la survie des exploitations.

L'électronisation prioritaire des ovins et des caprins est justifiée par l'actualisation de l'identification de ces animaux et de facto le passage direct à l'identification électronique : « En ovins et caprins, l'identification électronique a été clairement positionnée comme un outil pour aboutir à une traçabilité qui n'existe pas, qui n'existait pas » (E. Institut de l'Elevage)¹³.

La technologie *in situ* ou embarquée est un outil essentiel de l' « élevage de précision » promu par les techniciens : « Utilisée en lien avec de nombreux systèmes (salles et robots de traite, balances électroniques...), l'identification électronique officielle ou non, est un élément indispensable de l'élevage de précision. Elle permet en effet de rattacher automatiquement l'identifiant de l'animal à une mesure individuelle enregistrée par un capteur (production de lait, composition, quantité d'aliment ingéré, poids de l'animal, etc.)¹⁴ ». L'élevage de précision repose sur la généralisation des capteurs (mesure de paramètres comportementaux, physiologiques ou de production sur les animaux), de l'automatisation (robot de traite, monitoring des chaleurs, des mises-bas...), et des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication).

¹³ Résultats des entretiens (E), éleveurs (EE), techniciens de différentes structures (EXXX), des rencontres ou des prises de parole dans des débats publics

¹⁴ Institut de l'élevage. Dossier spécial « Elevage laitier de précision » <http://idele.fr/domaines-techniques/sequiper-et-organiser/elevage-de-precision/publication/idelesolr/recommends/la-rfid-une-porte-dentree-dans-lelevage-de-precision.html>

Les arguments soutenant cet « élevage de précision » renvoient à une « demande » des éleveurs sur le travail. Les éleveurs chercheraient à : « augmenter le confort de travail en automatisant les tâches les plus contraignantes ; réduire la pénibilité mentale et physique de certaines phases d'élevage ; gagner en efficacité grâce aux innovations technologiques ; anticiper les risques sanitaires ou environnementaux¹⁵ ». Cette demande toutefois ne concerne pas *tous* les éleveurs comme en témoignent les résistances d'un nombre croissant d'entre eux à cette technologie.

Documents et formations portent essentiellement sur la technique de l'électronisation et l'usage des différents outils nécessaires. Un usage réellement efficace de l'électronisation nécessite en effet de connaître ou de se former aux logiciels *ad hoc* et au système de pensée qui sous-tend l'informatisation du travail (logiciel de gestion de troupeau, technologies de capture et de transfert des données –connexion, équipements informatiques...). Il s'agit également de faire accepter par les éleveurs tout ou partie du coût de cette électronique : 500 à 1000 € pour un lecteur PDA (tout en un) ; 200 à 800 € pour un logiciel, au moins 600 € pour un ordinateur... plus les coûts d'aménagement des bâtiments en cas d'installation fixe pour les troupeaux de grande taille. Dans ce dernier cas, l'ensemble des coûts est multiplié au moins par 3 par rapport à un équipement portable.

Si l'Institut de l'Élevage est très impliqué dans le développement de l'électronisation des ovins, caprins et bovins, il semble que l'Institut du porc soit beaucoup plus réservé et attentiste quant au développement de cette technique. Même si l'identification des porcs est faite par lots, l'identification individuelle des porcs par l'électronisation pourrait avoir un

¹⁵ <http://idele.fr/domaines-techniques/sequiper-et-sorganiser/elevage-de-precision/publication/idelesolr/recommends/dossier-special-elevage-laitier-de-precision.html>

intérêt en aval de la production. Elle en a également dans la gestion des troupeaux de truies (GTTT, GTE) compte tenu de l'importance que revêt la gestion de données dans le travail des producteurs. Par ailleurs, la législation sur les normes minimales pour la protection des porcs, qui s'appliqueront à partir du 1^{er} Janvier 2013 (Directive 2008/120/CE), implique l'interdiction de la stabulation individuelle des truies et, par conséquent oblige à travailler en groupes.

L'identification électronique des truies pourrait être utile pour gérer l'information et conduite individuelle. L'électronisation des truies ou des porcs aurait toutefois un net inconvénient subjectif pour la filière: elle contraindrait à davantage de transparence. Contrairement en effet aux productions ovine, caprine et bovine, la production porcine n'est pas directement soutenue par les pouvoirs publics et est donc beaucoup moins contrôlée.

6.7.4 Les Arguments des Entreprises Commercialisant la RFID

Ainsi que le souligne une entreprise commercialisant des outils d'électronisation : « Dans le monde, nous vivons avec plus de 4 milliards d'animaux d'élevage et 200 millions d'animaux de compagnie. Le besoin d'identifier ces animaux pour le management, la sécurité alimentaire sont plus urgents que jamais¹⁶». Plusieurs entreprises placées sur des marchés internationaux se sont engagées, pour la fabrication et/ou la commercialisation, sur le marché de la RFID à destination des animaux de compagnie et d'élevage (production et aval) : Aleis international, Digivet (Australie); Allflex ; Agrident (Allemagne); Biomark (USA); Datamars (Suisse); Trovan (GB); Virbac (France)...

Les arguments des entreprises, pour ce qui concerne l'intérêt de l'électronisation des animaux, sont en grande partie les mêmes que ceux qui sont avancés par l'Institut de

¹⁶ <http://www.lifechip.com.au/index.php>

l'Élevage. Chaque entreprise défend par ailleurs les spécificités de ses produits en termes de fiabilité, rapidité, durabilité... Le marché potentiel de la RFID pour les objets, les animaux, et potentiellement les humains, étant colossal, ces entreprises tendent soit à une stratégie de spécialisation, comme Biomark sur la RFID pour les poissons, ou d'extension comme Trovan qui commercialise de la RFID pour les objets et pour les animaux.

6.8 RESISTANCE A L'ELECTRONISATION ET MODERNITE DE L'ELEVAGE

Majoritairement, dans l'ensemble des pays européens, l'entreprise d'électronisation des animaux reçoit l'assentiment, explicite ou par défaut, des personnes concernées. Les quelques réticences rencontrées par les vétérinaires portent sur l'innocuité réelle des transpondeurs injectables pour la santé des animaux de compagnie, des témoignages attestant de liens entre la présence de la puce et le développement de tumeurs cancéreuses chez les animaux de laboratoire (Schutt et Turner, 2010) et les chiens (Vascellari et al., 2006). Témoignages plus ou moins vivement récusés par les vétérinaires et relationés avec les additifs anti-migratoires utilisés.

Concernant l'électronisation des animaux d'élevage, on note fort peu de résistances chez les éleveurs européens, ce qui met d'autant plus en lumière les arguments et les pratiques des éleveurs et des groupes d'éleveurs français qui refusent cette électronique.

Dans certains systèmes d'élevage, l'électronisation changerait en effet radicalement l'organisation du travail. Les éleveurs ont bien souvent choisi ce métier parce qu'il met en relation directe avec les animaux et avec la nature et parce qu'il offre un espace de liberté dans le rapport au travail. Introduire l'informatique contre la volonté des éleveurs, c'est réduire à néant le sens même du métier. Ainsi que le souligne l'un d'entre eux : « je n'ai pas

choisi ce métier pour avoir des brebis avec des boucles électroniques qui vont passer devant l'ordinateur, qui vont faire bip etc.¹⁷ ». Dans les systèmes en vente directe, par exemple des éleveurs de chèvres qui vendent directement leurs fromages, les éleveurs soulignent que l'électronisation n'a aucune utilité non plus pour les consommateurs. Néanmoins ces éleveurs sont eux aussi contraints à l'électronisation sous menaces de sanctions sévères (retrait de primes, retrait d'agrément de fromagerie, par exemple) qui mettent en jeu la survie de l'exploitation : « C'est l'EDE¹⁸ qui est passé, nos chèvres n'étaient pas bouclées, ils nous disent : 'vous n'avez pas d'identification sur vos chèvres'. J'ai dit : 'si elles sont identifiées, elles ont des colliers avec leurs noms'. Ils voulaient me supprimer les primes si j'avais des primes, me supprimer l'agrément si j'avais un agrément... » (EE).

A partir du 19ème siècle, l'encadrement des éleveurs a eu pour premier objectif d'augmenter la productivité du travail des humains et des animaux, en premier lieu en réduisant au maximum les « temps improductifs ». Depuis Taylor, « gagner du temps » est un but prépondérant du management. Dans les productions animales, la technologie est un outil essentiel au service de cet objectif : machine à traire, puis robot de traite, DAC, robot de nettoyage, animaux robots (robot-verrat pour détecter les truies en chaleur)...

L'électronisation des animaux et les résistances qu'elle soulève ne peuvent être compris en dehors de ce processus d'intensification du travail et d'industrialisation de l'élevage car les productions animales¹⁹ sont depuis le 19ème au service de l'industrie. Les productions animales fournissent de la matière animale, et les procès qui régissent la production de cette

¹⁷ Sébastien Pélurson dans « Moutons 2.0. La puce à l'oreille ». Un film réalisé par Antoine Costa et Florian Pourchi. Production : Synaps collectif audiovisuel. 77mn, 2012

¹⁸ Etablissement Départemental de l'Élevage, chargé de l'identification et la traçabilité des animaux

¹⁹ J'oppose les « productions animales » dont la seule rationalité est technico-économique et qui sont nées avec le capitalisme industriel à l'élevage comme rapport historique de travail avec les animaux domestiques et dont les rationalités sont multiples. Voir Porcher J., 2011. « Vivre avec les animaux, une utopie pour le 21ème siècle. La Découverte

matière sont les mêmes que ceux de toute industrie. La théorie zootechnique est fondée sur ce postulat défendu par les pionniers de la zootechnie et par leurs successeurs²⁰.

A l'époque où émerge la zootechnie en effet, « la grande industrie, le gros commerce, la haute banque ont formé une oligarchie redoutable, capable d'imposer ses volontés au gouvernement... la culture elle-même n'a cessé de s'industrialiser et de se commercialiser » (Gromas, 1947, p. 218). Marx a parfaitement pressenti l'aspect destructeur de l'agriculture industrielle et ses conséquences sur les paysans : « Dans l'agriculture, comme dans la manufacture, la transformation capitaliste de la production semble n'être que la martyrologie du producteur, le moyen de travail que le moyen de dompter, d'exploiter et d'appauvrir le travailleur, la combinaison sociale du travail que l'oppression organisée de sa vitalité, de sa liberté et de son indépendance individuelles » (1867, p. 999).

L'industrialisation de l'élevage depuis le 19^{ème} siècle ne s'est toutefois pas faite sans rencontrer de résistances de la part des paysans. S'il est difficile de savoir ce que pensait un paysan du 19^{ème} siècle des théories zootechniques et des pratiques dérivées que lui imposait son propriétaire aristocrate ou notable, on devine au travers des textes des premiers zootechniciens que ceux-ci ont dû lutter contre les représentations qu'avaient les paysans de leurs animaux et du travail qu'ils faisaient avec eux. Après la seconde guerre mondiale, les travaux de sociologues comme Michèle Salmona (1994) montrent plus clairement que la « modernisation » de l'agriculture a rencontré des résistances et causé des dégâts psychosociaux chez les paysans. Il y avait 2,5 millions de fermes en 1950, on compte 300 000 exploitations agricoles aujourd'hui²¹.

²⁰ Comme l'écrivait très clairement le zootechnicien Martial Laplaud « La zootechnie a pour but d'enseigner la théorie et la pratique des moyens de gagner de l'argent en agriculture avec les animaux domestiques ».

²¹ Le recensement agricole de 2010 dénombre 490 000 exploitations en France métropolitaine dont 178 000 sont de petites exploitations. Ce sont celles qui disparaissent entre deux recensements. Entre 1988 et 2010, le nombre d'exploitations a

Actuellement, les éleveurs résistants à l'électronisation travaillent surtout dans le sud de la France, dans des systèmes d'élevage de petite taille souvent extensifs. Du point de vue de l'Institut de l'Élevage, cette résistance des éleveurs à la technologie RFID est comprise comme un cas de résistance au changement qu'il faut lever, d'une part grâce à une forte pression de communication, d'autre part en enrôlant des éleveurs marginaux par rapport au prototype de l'éleveur moderne porté par le développement. Comme nous l'avons vu plus haut, l'utilisation de la contrainte n'est pas exclue et ne constitue pas nécessairement un dernier argument. Selon les cas, il peut être au contraire le premier.

6.8.1 Les Arguments des Éleveurs Refusant la RFID

L'un des premiers arguments avancés par les éleveurs est qu'ils n'ont pas besoin d'électroniser leurs animaux. De manière paradoxale, cette interrogation sur le faible intérêt de l'électronisation est partagée par les techniciens que nous avons rencontrés, lesquels mettent en évidence, comme les éleveurs, les différences entre grosses structures et petits élevages : « il y avait la boucle avant, ça marchait bien (...) c'est intéressant pour les éleveurs qui sont à la pointe mais les éleveurs qui sont encore dans des situations de travail un petit peu, pas de façon arriérée, mais qui n'ont pas les moyens d'avoir toute la technologie actuelle, ne vont pas avoir besoin de l'outil qui permet d'avoir un enregistrement automatique (E. DSV) » ; « je ne vois pas trop le but parce que le tatouage fonctionne bien, en ovins, caprins, ils ont des boucles dans chaque oreille, non, je ne vois pas trop l'intérêt » (E. INRA); « (chez les bovins) l'apport de l'électronique doit se justifier par d'autres raisons que de satisfaire aux obligations de traçabilité (...) la traçabilité on l'a déjà » (E. Institut de l'Élevage) ; « en

diminué de moitié. Les petites exploitations représentent 3 % du potentiel de production (Source Agreste). Le même processus de diminution du nombre d'exploitations est à l'œuvre dans la majorité des pays de l'Union Européenne alors que, comme en France, la taille des structures et des superficies augmente.

élevage biologique, on a une gestion de la santé très préventive, l'observation des animaux est très dense, l'identification par une boucle ou le fait d'approcher un animal, ça fait partie des occasions qu'a l'éleveur d'observer ses animaux avec attention, c'est pourquoi les éleveurs bio vont trouver l'électronisation inutile, pour eux, ce n'est pas forcément pratique, par contre pour les contrôleurs au niveau européen, les contrôleurs de la DRAF, c'est vrai que pour eux c'est plus facile » (E. ITAB) ; « les ovins, les caprins, je ne vois pas l'intérêt de les identifier individuellement, je ne sais pas quelles étaient les justifications des professionnels, j'imagine qu'il y avait des raisons » (E. ITP).

Les arguments des éleveurs contre la RFID sont de deux types : d'une part des arguments liés au travail réel, d'autre part des arguments liés à un rapport au travail comme travail vivant.

6.8.1.1 Les arguments liés au travail réel

- Les éleveurs n'ont pas besoin de l'électronisation, elle ne répond pas à une demande de leur part : « C'est une obligation que l'on subit. La puce, je n'en ai pas besoin, cela n'a aucun intérêt pour nous » (EE). Une différence est faite entre les gros systèmes, où l'électronisation coïncide avec l'organisation industrielle du travail et la traçabilité et les petits systèmes. Le fait d'imposer l'électronisation à tous est ressenti comme une violence : « La traçabilité qui est exigée pour un éleveur industriel, ça se comprend, mais pour un petit élevage qui fait de la transformation et qui vend, ce n'est pas la même chose du tout » (EE).
- Les animaux sont déjà bien identifiés, notamment par leur nom : « elles ont toutes un nom les chèvres, il y en a 82 mais elles ont toutes un nom » (EE).

- L'électronisation n'empêchera pas les crises sanitaires, les mesures doivent être prises en amont pour éviter les crises, mais elle est par contre un outil supplémentaire de surveillance des éleveurs : « Je connais des gens qui ont eu leur troupeau abattu avec une suspicion de vache folle, on leur a tué tout le troupeau et quand l'analyse a été faite, la vache n'était pas malade. S'il n'y avait pas eu d'identification, l'éleveur aurait pu en mettre de côté, personne ne l'aurait su et finalement il aurait eu raison parce qu'on a tué les animaux avant de savoir, c'est comme si on faisait l'exécution avant de passer au tribunal. Cela a été possible parce que l'identification était bonne, on a pu identifier tous les animaux » (EE).
- La liberté est une condition de l'exercice du métier d'éleveur : « Pour le moment je n'ai pas de raisons d'être contre si ce n'est, je mets quand même un bémol, une réserve, en disant : moi je veux encore être un homme libre et je ne veux pas que la puce me bouffe ma liberté » (EE).
- La traçabilité : « chacun sait que c'est de la foutaise, on peut nous faire croire n'importe quoi, c'est de la viande d'Italie, abattue en Espagne et emballée en Allemagne... » ; (EE). Par contre, les éleveurs bio tiennent à une réelle identification et reconnaissance de leurs produits : « La traçabilité, c'est connaître tout l'acheminement et l'origine pour rassurer les consommateurs qu'ils mangent réellement du porc bio, assurer qu'il n'y ait pas de fraude, que c'est bien contrôlé, bien maîtrisé. C'est aussi tout l'alimentation de l'animal » (EE).
- Le coût. Ce point est davantage soulevé par les techniciens que par les éleveurs. Sans doute parce que durant la période de mise en place, une partie du coût de l'électronisation est prise en charge par les pouvoirs publics: « mais cela a un coût, et autant le gros éleveur va être d'accord pour payer ce coût supplémentaire alors que celui qui a 20 vaches et qui fait beaucoup plus manuel, et qui, entre guillemets, a peut-être du temps à passer au niveau

manuel que l'autre n'a pas, il ne vas pas être satisfait d'avoir à payer un coût de quelque chose qui ne va pas lui rendre un service important » (E DSV).

6.8.1.2 Une défense du travail vivant

Les arguments pour ou contre l'électronisation renvoient à des représentations contrastées du métier d'éleveur, de la modernité et surtout du travail. Le rapport à l'innovation est un élément clé de ces représentations puisque, du point de vue des productions animales, l'innovation est rattachée au processus industriel de développement. Elle est nécessairement technique et s'inscrit dans le sens du progrès -de l'archaïque jusqu'à un aujourd'hui, supposé toujours plus innovant. Le SPACE, le salon des productions animales, en donne une illustration annuelle.

Mais l'innovation est également un « processus d'influence qui conduit au changement social et dont l'effet consiste à rejeter les normes sociales existantes et à en proposer de nouvelles²² ». En ce sens, la résistance des éleveurs à l'électronisation n'est pas un cas –de plus- de résistance au changement mais représente l'amorce d'une innovation sociale²³, la revendication d'une rupture avec le monde ancien des productions animales et une proposition de reconstruction de relations, avec les animaux et la nature notamment mais également avec les consommateurs et les citoyens. Il ne s'agit plus pour les éleveurs d'ajouter de la technique à la technique en prétendant construire un monde nouveau, mais d'interroger et de donner à penser le monde technique et industriel dans la relation de travail aux

²² Dictionnaire Larousse

²³ « L'innovation sociale est une « réponse nouvelle » à une situation sociale jugée insatisfaisante, situation susceptible de se manifester dans tous les secteurs de la société (...) L'innovation sociale est alors celle qui résulte de la coopération entre une diversité d'acteurs. Sous cet angle, l'innovation sociale peut être envisagée comme un processus collectif d'apprentissage et de création de connaissances » (Cloutier, 2003)

animaux, de rendre collectif un *pensé* de l'élevage en interrogeant chacun sur le rapport aux objets industriels et à la vie.

L'électronisation des animaux et les résistances à son hégémonie perpétuent les oppositions entre classes inférieures (les paysans arriérés) et classes supérieures (les techniciens, chercheurs...), les représentations du monde industriel comme catastrophe ou comme progrès étant l'un des éléments les plus clivants (Thompson, 2012) mais aussi l'opposition construite par les premiers zootechniciens au 19^{ème} siècle entre Anciens et Modernes. Or, les productions animales, telles qu'elles sont pensées par la science et par la technique depuis le 19^{ème} siècle, semblent dépassées et condamnées à leur dissolution dans les biotechnologies (Porcher, 2010). L'élevage, par contre, est en plein renouveau. D'une part du fait des transformations de nos relations aux animaux qui obligent les éleveurs à reconsidérer leurs relations de travail avec eux et d'autre part du fait des conditions écologiques et politiques d'exercice du métier. Les animaux des productions animales n'en sont pas : ce sont des machines, des objets ou des flux, ce pourquoi ils doivent être tracés. Les animaux des éleveurs ont une identité, une présence et sont des êtres de relation. Ce pourquoi ils doivent être nommés.

L'industrialisation de l'élevage, et plus largement l'industrialisation de la société, interroge en effet la place des relations dans le travail, c'est-à-dire en fait la place de la vie dans le travail et la place du travail vivant dans le processus de production. Dès son émergence, le monde industriel a été perçu par certains comme un monde destructeur de la vie et les résistances à son hégémonie, bien plus que des résistances au changement, ont été des résistances aux transformations industrielles du rapport à la vie et au travail. En ce sens, le rapprochement avec les luddites fait par des résistants à l'électronisation est pertinent. Comme le montre en effet, Luddite Kirkpatrick Sale (2006), les luddites ne brisent pas les machines parce que les machines prennent leur travail mais parce qu'elles changent

radicalement leur travail. Elles font du travail vivant de l'artisan un travail mort, le fonctionnement de la machine assistée par l'ouvrier. Elle pulvérise le sens social du travail : « L'opposition luddite ne réside pas tant dans la confrontation physique avec les machines et les industriels que dans la remise en question morale, sur le terrain de la justice et de l'équité, des postulats centraux de l'économie politique et de la légitimité des principes de profit illimité, de compétition et d'innovation » (Sale, 23).

6.9 CONCLUSIONS

L'élevage est aujourd'hui traversé par des résistances qui convergent vers un refus de l'expansion du modèle industriel laquelle signerait de fait la disparition de l'élevage en tant que rapport de travail historique et dynamique aux animaux. Tout comme au 19^{ème} siècle alors que l'industrie s'empare du travail vivant de l'artisan ou du paysan pour un faire un travail asservi aux machines, ce qui est en cause aujourd'hui, qu'il s'agisse d'électronisation, de vaccination, de sélection génétique, d'abattage des animaux, c'est la liberté de mettre en jeu dans le travail ses valeurs morales et sa relation aux animaux et à la vie. Mais, aujourd'hui comme hier, les éleveurs paient fort cher ces résistances. Si en Angleterre au 19^{ème} siècle, le bris de machine était puni de la peine de mort, remarquons qu'un éleveur qui refuse l'électronisation met en péril la survie de son exploitation si les primes lui sont retirées. Il risque la prison s'il commercialise la viande des ses animaux sans les amener à l'abattoir industriel. Comme au 19^{ème}, la poursuite de l'industrialisation nécessite le consentement des paysans, consentement qu'on veut obtenir avec des pénalisations si c'est nécessaire.

L'élevage défend la vie, l'affectivité, la sensibilité, l'histoire, la culture. C'est pourquoi le refus de l'électronisation de la part d'éleveurs et de citoyens n'est pas une anecdote mais la

proposition argumentée d'un changement de paradigme dans le rapport aux animaux d'élevage.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en las distintas experiencias llevadas a cabo en la presente Tesis Doctoral corresponden a las siguientes:

CONCLUSIONES ESPECIFICAS

1. Implementación de un sistema de trazabilidad dentro de la cadena de producción porcina mediante el uso de crotales electrónicos y marcadores moleculares.

1.1. Resultados en granja y en laboratorio

1.1.1. Los resultados de trazabilidad obtenidos en los cerdos desde la granja hasta la llegada a matadero presentaron un amplio rango de variación (87.9 a 98.5%) en función del tipo de crotal electrónico usado en condiciones comerciales o experimentales.

1.1.2. Los resultados de los crotales obtenidos fueron razonablemente consistentes dependiendo del fabricante y del diseño, pero ninguno de ellos obtuvo el mínimo del 98% de lectura establecido por ICAR para la identificación oficial en ganadería.

1.1.3. Los fallos electrónicos de los crotales electrónicos fueron la mayor causa de pérdida de trazabilidad durante el periodo de granja y transporte hasta matadero (representado casi la mitad de los animales “no leídos”), poniendo en evidencia

las duras condiciones que deben soportar los crotales electrónicos en el ambiente utilizado en la producción porcina.

1.1.4. La fuerza de separación entre las piezas macho y hembra de los crotales se presentó como punto clave para las pérdidas, por lo que debería ser controlado en la práctica.

1.1.5. Los resultados de lectura y distancias de lectura obtenidos de los transpondedores full-duplex B fueron menores que los de los half-duplex bajo las mismas condiciones y usando los mismos lectores. Además, se concluye que existe un marcado efecto de la interacción “tipo de transpondedor × tipo de lector”.

1.2. Resultados en matadero, trazabilidad global y auditoría de las canales

1.2.1. Los resultados de trazabilidad global (desde la granja hasta la canal) obtenidos en las experiencias realizadas, bajo condiciones comerciales y experimentales, mostraron una gran variación (52.8 a 97.7%) en función del tipo de crotal electrónico usado y de las condiciones en matadero. Las condiciones de granja representaron una menor variación dentro de los resultados de trazabilidad global.

1.2.2. Las pérdidas de crotales electrónicos fueron identificadas como la mayor causa de disminución de trazabilidad desde la granja hasta la canal, otorgando de éste modo una gran importancia al diseño de los crotales y a los controles de calidad de los mismos, en lo que a fuerza de separación de las piezas macho y hembra se refiere.

1.2.3. Los fallos electrónicos de los crotales electrónicos fueron menos importantes en cuanto a los resultados de trazabilidad global se refiere, siendo los crotales

con tecnología half-duplex más eficaces que los de tecnología full-duplex B para asegurar la trazabilidad de los cerdos en condiciones comerciales.

1.2.4. Los resultados de la auditoria del sistema de trazabilidad mediante el uso marcadores moleculares (microsatélites), mostró unos valores de concordancia, entre las biopsias de oreja tomadas en lechones en la granja y las canales al final de la línea de matanza, que variaron entre 83.3 y 98.2% de acuerdo con las condiciones experimentales.

1.2.5. Los resultados de la auditoria se vieron afectados por la calidad de la muestra, especialmente debida a errores en la atribución de la identidad de las biopsias (oreja) y la de canal (carne), evidenciando la necesidad de implantar un sistema de recogida de muestras automático o procedimientos a prueba de manipulaciones para evitar los errores humanos debidos a las difíciles condiciones de trabajo en matadero (rapidez de la línea de matanza).

2. Resultados del análisis sociológico de un sector ganadero reticente al uso de la identificación electrónica en Francia.

2.1. Se ha detectado una situación de rechazo a la identificación electrónica basada en motivos morales, más que en criterios técnicos. El rechazo se atribuye al conflicto de relaciones hombre-animal en los sistemas tradicionales (pequeños productores, sistemas extensivos y biológicos) y modernos (grandes productores, sistemas intensivos e industriales) de explotación ganadera.

2.2. Pese a que la adopción general de la identificación electrónica necesita de la colaboración del ganadero, de forma unánime, los ganaderos manifiestan que se ven sometidos a medidas coactivas por parte de la administración.

2.3. Estas son las razones por las que, para los ganaderos y técnicos entrevistados, la identificación electrónica se incluye entre las acciones que, en ganadería suponen un cambio de paradigma de las relaciones entre animales y humanos.

CONCLUSION GENERAL

Finalmente, se concluye que, en las condiciones productivas actuales de la industria porcina, el uso de crotales electrónicos de calidad y la realización de su auditoria mediante el uso de marcadores moleculares, puede ser una estrategia recomendable para la implementación de un sistema de trazabilidad en la práctica, siempre en cuanto se tengan en cuenta el diseño y la calidad de fabricación de los dispositivos en cuestión. Del mismo modo, cabe decir que se aconsejan más estudios para optimizar la retención de los crotales electrónicos y mejorar la recogida de muestras biológicas para el proceso de auditoría, necesitándose una mayor simplicidad, seguridad y rapidez en la práctica.

Por otro lado, en relación a la opinión aportada por los ganaderos resistentes al uso de la identificación electrónica en Francia, se concluye la necesidad de aportar más información al sector proponiendo la identificación electrónica como una mejora hacia la maximización de la seguridad humana y animal. No obstante, la introducción de la electrónica en los sistemas tradicionales no debería influir negativamente en la relación humano-animal (tan apreciada por este tipo de ganaderos). Se propone pues que el uso de la identificación electrónica se centre en la utilidad que aporta a los diversos grupos administrativos (controles sanitarios, productivos, traslados, etc.) sin que los ganaderos se vean obligados a hacer uso de éste sistema de identificación como único viable para el trabajo diario en sus explotaciones.

CONCLUSIONS

The main conclusions obtained by the different experiments carried out during this Doctoral Thesis are the following:

SPECÍFIC CONCLUSIONS

1. Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers.

1.1. On-farm and laboratory performances

1.1.1. The results obtained in fattening pigs (during on-farm and transportation periods) showed a wide range of variation of live pig traceability values from farm to slaughter (87.9 to 98.5%) when several types of RFID ear tags currently available in the market were used under commercial and experimental conditions.

1.1.2. Results by ear tag type were reasonably consistent across experiments and dependent on their design and manufacturer, but none of them was able to reach the 98% readability agreed by ICAR for official identification.

1.1.3. Electronic failure of the RFID devices was identified as the most important cause for losing the traceability during on-farm growing-fattening and transportation periods (i.e., responsible of near the half of non readable transponders) and put in evidence the hard environment to which the RFID ear tags were submitted in the pig farms.

1.1.4. Special attention should be paid to the separation strength of the ear tag male-female pieces, also identified as a key point responsible for the ear tag losses.

1.1.5. Performances (i.e., readability and reading distances) of full-duplex B transponders were lower than those of half-duplex under the same conditions for all types of transceivers used, although an important transponder × transceiver interaction was evident.

1.2. Slaughterhouse performances, overall traceability and carcass auditing

1.2.1. Overall traceability results from farm to carcass release obtained in our experiments, under commercial and experimental conditions, showed a large variation (52.8 to 97.7 %) according to the RFID type and the slaughtering conditions used. Fattening conditions accounted for a lower variation in the overall traceability results.

1.2.2. RFID losses were identified as the most important cause for losing the traceability from farm to carcass release, stressing the importance of the ear tag design and its quality control, which in our data was evaluated as the separation strength between male and female parts of the button ear tags.

1.2.3. Electronic failures were less important than losses of RFID ear tags for overall traceability, being the half-duplex ear tags more effective than those of full-duplex B technology for ensuring the whole traceability of pigs under commercial conditions.

1.2.4. Traceability auditing, for the DNA microsatellites set used, showed compliance values which ranged between 83.3 and 98.2% according to the experimental conditions.

1.2.5. Auditing results were affected by sample quality, mainly by carcass tissue sample correspondence, evidencing the necessity of implementing automated or

tamper-proof sampling procedures for avoiding human errors under the fast and stressful pig slaughtering conditions.

2. Results of the sociological analysis of a livestock sector reluctant to the use of electronic identification in France.

2.1. A situation of rejection of electronic identification based on moral reasons rather than on technical criterion was detected. The rejection is attributed to the current man-animal relationship conflict between the traditional (small farmers, extensive and biological systems) and modern (large farmers, intensive and industrial systems) livestock production systems. Although the general adoption of electronic identification needs the cooperation of the farmer, they unanimously manifest that they are submitted to coercive measures from the administration.

2.2. These are the reasons for which, for the interviewed farmers and technicians, the electronic identification is included among the actions that suppose, within livestock farming, a change of paradigm of the human-animal relationship.

GENERAL CONCLUSION

Finally, we concluded that, under the current productive conditions of the pig industry, the use of quality electronic ear tags, and its auditing through molecular markers, may be recommended for implementing a traceability system in practice, as long as it takes into account the manufacturing design and the quality of such devices. At the same time, further research is recommended for optimizing the retention of electronic ear tags and for improving the collection of biological samples for the auditing process, requiring procedures of greater simplicity, security and speed in practice.

On the other hand, in relation to the opinion provided by farmers that are resistant to the use of livestock electronic identification in France, we concluded that it is necessary to provide more information to the sector, presenting them the electronic identification as an improvement to maximize human and animal safety. However, the introduction of electronics into traditional systems should not adversely affect the human-animal relationship (so appreciated by this type of livestock farmers). It is therefore proposed that the use of electronic identification focuses on the utility brought to the administrative groups (health checks, production, movements, etc.) without forcing the farmers to make use of this identification system as the only tool for their daily work at the farm.

CAPITULO 8: BIBLIOGRAFIA

CAPITULO 8

BIBLIOGRAFIA

- Aarts, H., J. Huiskes, N. Langeveld, B. Lambooi, and L. Den Hartog. 1991. Injectable transponders in pig production: applications and field trial. *Praktijkon. Vankeensh*, 5: 15-19.
- AECERIBER. 1995. *Guia práctica del Libro Genealógico y del Esquema de Valoración Genética de la Raza Porcina Ibérica*.
- AESAN. Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Accessed Sep. 2011. <http://www.aesan.msc.es/>.
- Allen, A., B. Golden, M. Taylor, D. Patterson, D. Henriken, and R. Skuce. 2008. Evaluation of retinal imaging technology for the biometric identification of bovine animals in Northern Ireland. *Livest. Sci.* 116:42-52.
- Ammendrup, S., and A. Fussel. 2001. Legislative requirements for the identification and traceability of farm animals within the European Union. *Rev. Sci. Tech.* 20:437-44.
- APHIS-USDA, 2004. Animal Identification. Veterinary Services. NCAHP Home Page. Accessed Oct, 2011. <http://www.aphis.usda.gov/pubs/pubabe.html>.
- Arana, A., B. Soret, I. Lasa, and L. Alfonso. 2002. Meat traceability using DNA markers: Application to the beef industry. *Meat Sci.* 61:367-373.
- Aranguren-Menéndez, J. A., R. Román-Bravo, W. Isea, Y. Villasmil, and J. Jordana. 2005. Los microsatélites (STR's), marcadores moleculares de ADN por excelencia para programas de conservación: una revisión. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 13(1): 30-42.

- Artmann, R. 1999. Electronic identification systems: State of the art and their further development. *Comp. Electr. Agric.* 24:5–26.
- Babot, D., M. Hernandez-Jover, G. Caja, C. Santamarina, and J. J. Ghirardi. 2006. Comparison of visual and electronic identification devices in pigs: On-farm performances. *J. Anim. Sci.* 84:2575–2581.
- Barbosa, L.M.A., R. Puers, H. Villé, and R. Geers. 1996. Implant recovery and tissue reaction in growing pigs following implantation of packaging materials for injectable electronic identification and monitoring devices. *Prev. Vet. Med.* 25:249–258.
- Barcos, L.O. 2001. Recent Developments in Animal Identification and the Traceability for Animal Products in International Trade. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 20(2):640–651.
- Bellhorn, R. W. 1997. Retinal nutritive systems in vertebrates. *Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine.* 6:108–218.
- Blott, S., J. Williams, and C. Haley. 1999. Discriminating among cattle breeds using genetics markers. *Heredity.* 82:613–619.
- Blair, R.M., D.A. Nichols, and D.L. Davis. 1994. Electronic animal identification for controlling feed delivery and detecting estrus in gilts and sows in outside pens. *J. Anim. Sci.* 72:891–898.
- Boitard, S., C. Chevalet, M. J. Mercat, J. C. Meriaux, A. Sanchez, J. Tibau, and M. Sancristobal. 2010. Genetic variability, structure and assignment of Spanish and French pig populations based on a large sampling. *Anim. Genet.* 41:608–618.
- Brappat, B. 1996. Automation of weighing operations with electronic ear tags. Institut de l'Élevage, Paris, France. p. 4.
- Bryant, A. M., D. A. Blasi, B. B. Barnhardt, M. P. Epp, and S. J. Glaenger. 2006. Variation in performance of electronic cattle ear tags and readers. Pages 33–37 in *Beef Cattle*

- Research, Report of Progress 959. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, KY.
- Bryant, A. M. 2007. Performance of ISO 11785 low-frequency radio frequency identification devices for cattle. MS Thesis. Kansas State Univ., Manhattan, KY.
- Burose, F., T. Jungbluth, and M. Zähler. 2009. Electronic ear tag for tracing pigs according to housing and production system. Pages 267–271 in *Precision Livestock Farming*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands.
- Caja, G., F. Barillet, R. Nehring, C. Marie, O. Ribó, E. Ricard, G. Lagriffoul, C. Conill, M. R. Aurel, and M. Jacquin. 1996. Comparison of different devices for electronic identification in dairy sheep. Pages 349–353 in *Performance Recording of Animals*. J. Renaud and J. van Gelder, ed. EAAP Publication No. 87. Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Caja, G., F. Barillet, R. Nehring, C. Marie, C. Conill, E. Ricard, O. Ribó, G. Lagriffoul, S. Peris, M. R. Aurel, D. Solanes, and M. Jacquin. 1997. State of art on electronic identification of sheep and goat using passive transponders. *Opt. Méditerran.* 33:43–58.
- Caja, G., et al. 1998. CAPT: Coupling active and passive telemetric data collection for monitoring, control and management of animal production at farm and sectorial level (AIR 3 Program, Contract CCAM 93-342). Final report. Directorate General of Agriculture (DG VI). European Commission, Brussels. p. 135.
- Caja, G., O. Ribó, and R. Nehring. 1998b. Evaluation of migratory distance of passive transponders injected in different body sites of adult sheep for electronic identification. *Livest. Prod. Sci.* 55:279–289.
- Caja, G. 1998. Bases de Identificación Electrónica y aplicación de la Trazabilidad en el Bovino. Seminario internacional de identificación animal permanente y trazabilidad: ‘Del campo al plato’, Senasa–OIE, Buenos Aires, Argentina. p. 50–58.

- Caja, G., C. Conill, R. Nehring, and O. Ribó. 1999. Development of a ceramic bolus for the permanent electronic identification of sheep, goat and cattle. *Comp. Electr. Agric.* 24:45-63.
- Caja, G., R. Nehring, and C. Conill. 2000. Identifying livestock with passive transponders. *Meat Automation.* 1:18-21.
- Caja, G., M. Hernández-Jover, J. Ghirardi, D. Garín, and J. H. Mocket. 2000. Identificación electrónica aplicada a la trazabilidad del ganado porcino. *Aeceriber* 4:45-60.
- Caja, G., R. Nehring, and C. Conill. 2001. Identifying livestock with passive transponders. *Meat Automat.* 1:18-21.
- Caja, G., O. Ribó, D. Garín, M. Hernández-Jover, J. Ghirardi, and A. Sánchez. 2001. Managing traceability in livestock and meat. Abstract Book. In: Eurocaft 2001 (European Conference on Advanced Technology for Safe and High Quality Foods). Crowne Plaza Berlin City Centre, Berlin. p. 5-7.
- Caja G., M. Hernández-Jover, D. Garín, C. Conill, X. Alabern, B. Farriol, and J. J. Ghirardi. 2002. The use of ear tags and injectable transponders for the electronic identification and traceability of pigs. *J. Anim. Sci.* 80(Suppl.1):180 (Abstr.).
- Caja, G., J. Ghirardi, M. Hernández-Jover, and D. Garín. 2004. Diversity of animal identification techniques: from fire-age to electronic-age. *ICAR Tech. Series* 9:21-41.
- Caja, G., M. Hernández-Jover, C. Conill, D. Garin, X. Alabern, B. Farriol, and J. Ghirardi. 2005. Use of ear tags and injectable transponders for the identification and traceability of pigs from birth to the end of the slaughter line. *J. Anim. Sci.* 83:2215-2224.
- Caja, G. (coordinator), et al. 2008. Project QLk1-2001-02229: Electronic identification and molecular markers for improving the traceability of livestock and meat (EID + DNA

- tracing). European Commission. The Fifth Framework Programme. Final Report. Univ. Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.
- Carné, S., G. Caja, J. J. Ghirardi, and A. A. K. Salama. 2009a. Long-term performance of visual and electronic identification devices in dairy goats. *J. Dairy. Sci.* 92:1500–1511.
- Carné, S., T. A. Gipson, M. Rovai, R. C. Merkel and, G. Caja. 2009b. Extended field test on the use of visual ear tags and electronic boluses for the identification of different goat breeds in the United States. *J. Anim. Sci.* 87:2419–2427.
- Carné, S. 2010. Electronic identification of goats: comparison of different types of radio-frequency and visual devices. PhD Thesis. Univ. Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.
- Carné, S., G. Caja, M. A. Rojas-Olivares, and A. A. K. Salama. 2010. Readability of visual and electronic leg tags versus rumen boluses and electronic ear tags for the permanent identification of dairy goats. *J. Dairy. Sci.* 93:5157–5166.
- Chávez, R., R. Felmer, A. Catrileo, B. Sagredo, S. Iruira, and C. Folch. 2004. Evaluación de microsatélites bovinos para la implementación de un sistema de trazabilidad molecular de la carne bovina. In: XXIX Reunión Anual de SOCHIPA, Villarrica, Chile. Book of abstracts. p. 151–152.
- Chávez, R., R. Felmer, H. Floody, A. Catrileo, B. Sagredo, S. Iruira, and C. Folch. 2005. Implementación de un sistema de trazabilidad molecular de la carne bovina: selección de la muestra biológica definitiva y evaluación práctica en una planta de procesamiento de carne. In: XXX Reunión Anual de SOCHIPA, Temuco, Chile. Book of abstracts. p. 37–38.
- Cheek, P. 2006. Factors impacting the acceptance of traceability in the food supply chain in the United States of America. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 25:313–319.

- Cheng H. H., and L.B. Crittenden. 1994. Microsatellite markers for genetic mapping in the chicken. *Poultry Sci.* 73:539–546.
- Commission of the European Communities. 1997. Laying down detailed rules for the implementation of Council Regulation (EC) N° 820/97 as regards eartags, holding registers and passports in the framework of the system for the identification and registration of bovine animals. *Off. J. Eur. Communities.* 354:19–22.
- Commission of the European Communities. 2000. White Paper on food safety. Commission of the European Communities, Brussels. p. 52.
- Conill, C. 1999. Utilización de transpondedores inyectables y de bolos ruminales para la identificación electrónica por radio frecuencia de ganado bovino y ovino. Ph. D. Thesis. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Conill, C., G. Caja, R. Nehring, and O. Ribo. 2000. Effects of injection position and transponder size on the performances of passive injectable transponders used for the electronic identification cattle. *J. Anim. Sci.* 78:3001–3009.
- Conill, C., G. Caja, R. Nehring, and O. Ribó. 2002. The use of passive injectable transponders in fattening lambs from birth to slaughter: Effects of position, age and breed. *J. Anim. Sci.* 80:919–925.
- Cunningham, E. P., C. Meghen, C. Scott, D. G. Bradley, D. E. MacHugh, and R. T. Loftus. 1999. DNA Traceability techniques for the meat industry. In: F. Toldra and D. J. Troy (Eds.), *New developments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat*, Valencia, Spain. p. 1–7.
- Cunningham, E. P. 2000. Traceability from farm to consumption. In: J. A. Lasta (Ed.), *46th international congress of meat science and technology*, Buenos Aires, Argentina. p. 798–801.

- Cunningham, E. P., and C. Meghen. 2001. Biological identification systems: genetic markers. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 20:491–499.
- COAG. Accessed April, 2012. <http://www.coag.org>.
- Cloutier, J. 2003. Qu'est-ce que l'innovation sociale. Cahiers du CRISES, Collection Etudes Théoriques n° ET0314. Québec, Canada.
- Directiva 92/102/CE del Consejo, de 27 de noviembre de 1992 relativa a la identificación y al registro de animales. *Diario Oficial* n° L 355 del 05 diciembre de 1992. p. 32–36.
- Directiva 95/29/CE del Consejo, de 29 de junio de 1995, por la que se modifica la Directiva 91/628/CEE sobre la protección de los animales durante el transporte. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* n° L148 del 30 de junio de 1995. p. 52.
- Directiva 2008/120/CE del Consejo, de 18 de diciembre de 2008, relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos. *Diario Oficial de la Unión Europea*, n° 47 del 18 de febrero de 2009. p. 5-13.
- Felmer, R., R. Chávez, A. Catrileo, and C. Rojas. 2006. Tecnologías actuales y emergentes para la identificación animal y su aplicación en la trazabilidad animal. *Arch. Med. Vet.* 38:197–206.
- Foreign Agricultural Service (FAS). United States Department of Agriculture of (USDA). *Livestock and poultry: World markets and trade*. April 2012. Accessed Oct, 2011. http://www.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf.
- Folch, C., B. Sagredo, S. Iruira, R. Felmer, A. Catrileo, and R. Chávez. 2004. Avances en el desarrollo de un método de identificación molecular para evaluar la trazabilidad en una planta de procesamiento de carne bovina de la X Región de Chile. In: XXIX Reunión Anual de SOCHIPA. Book of abstracts. Villarrica, Chile. p. 153–154.
- Food and Agricultural Policy Research Institute. FAPRI. Accessed Nov, 2011. <http://www.fapri.iastate.edu/>.

- Garín, D., G. Caja, and F. Bocquier. 2003. Effects of small ruminal boluses used for electronic identification of lambs on the growth and development of the reticulorumen. *J. Anim. Sci.* 81(4):879–84.
- Gaignard, L., and A. Charron. 2005. Gestion de crise et traumatisme, les effets collatéraux de la vache folle. De l'angoisse singulière à l'embarras collectif. *Travailler.* 14:57–71.
- Geers, R., B. Puers, and V. Goedseels. 1997. Electronic identification and monitoring of pigs during housing and transport. *Comp. Elec. Agric.* 17:205–215.
- Ghirardi, J., G. Caja, D. Garín, M. Hernández-Jover, O. Ribó, and J. Casellas. 2006. Retention of different sizes of electronic identification boluses in the forestomachs of sheep. *J. Anim. Sci.* 84:2865–2872.
- Giovambattista, G., C. D. Golijow, F. N. Dulout, and M. M. Lojo. 1996. Gene frequencies of DRB3.2 locus of Argentine Creole cattle. *Anim. Genet.* 27:55–56.
- Giraldo, M. and J. Castaño. 2009. Inmunogenicidad de la proteína recombinante ASP1R *Ancylostoma caninum* en un modelo murino. *Rev.MVZ Córdoba* 14(2):1667–1676.
- Giraud, G., R. Halawany, and C. Amblard. 2006. Food traceability in Europe: Consumers' knowledge and perception. In: 98th EAAE Seminar: Marketing Dynamics within the Global Trading System: New Perspectives. Mediterranean Agronomical Institute of Chania, Chania, Crete, Greece.
- Golan, E., B. Krissoff, F. Kuchler, L. Calvin, K. Nelson, and G. Price, 2004. Traceability in the U.S. Food Supply. USDA, Economic Research Service, Agricultural Economic Report. Accessed Nov, 2011. <http://www.ers.usda.gov>.
- Gonzales-Barron, U., and S. Ward. 2005. Review of biometric and electronic systems of livestock identification, The Biotrack Project. Biosystems Engineerig, University Collage Dublín. p. 64.

- Gonzales-Barron, U., G. Corkey, B. Barry, F. Butler, K. McDonnell, and S. Ward. 2008. Assessment of retinal recognition technology as a biometric method for sheep identification. *Comp. Elec. Agric.* 60:156–166.
- Gosalvez, L. F., C. Santamarina, X. Averos, M. Hernandez-Jover, G. Caja, and D. Babot. 2007. Traceability of extensively produced Iberian pigs using visual and electronic identification devices from farm to slaughter. *J. Anim. Sci.* 85:2746–2752.
- Guerra, D. 2003. Experiencia en Trazabilidad: Sector Porcino. En: IICA-MINAGRI-FIA-U. de Chile (Eds.). *Trazabilidad. Requisito para Carnes Exportables.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Subsecretaría de Agricultura Chile. Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile. p. 112–122.
- Grassi, P., and G. Caja. 2012. La identificación electrónica en porcino: una opción de futuro. *Ganadería.* 78:40–43.
- Grassi, P., G. Caja, J. H. Mocket, A. Costa, J. Soler, M. Gispert, J. Tibau, and M. A. Rojas-Olivares. 2013. Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers: 1. On-farm and laboratory performances. *J. Anim. Sci.* (Submitted).
- Grassi, P., G. Caja, J. Soler, M. Gispert, J. Tibau, and A. Sánchez. 2013. Implementing a traceability system for the pig chain based on electronic ear tags and molecular markers: II. Slaughterhouse performances, overall traceability and carcass auditing. *J. Anim. Sci.* (Submitted).
- Groenen, M. A. M., A. L. Archibald, H. Uenishi, C. K. Tuggle, Y. Takeuchi, M. F. Rothschild, C. Rogel-Gaillard, C. Park, D. Milan, H. Megens, S. Li, D. M. Larkin, H. Kim, L. A. F. Frantz, M. Caccamo, H. Ahn, B. L. Aken, A. Anselmo, C. Anthon, L.

- Auvil, B. Badaoui, C. W. Beattie, C. Bendixen, D. Berman, F. Blecha, et al. 2012. Analyses of pig genomes provide insight into porcine demography and evolution. *Nature*. 491:393–398.
- Gromas, R. 1947. *Histoire agricole de la France*. Lozère. Chez l'auteur à Mende, Paris, France.
- Hernández-Jover, M. 2006. *Aplicación de la identificación electrónica para la trazabilidad porcina*. PhD Thesis. Univ. Autónoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.
- Hernández-Jover, M., N. Schembri, J.-A. L. M. L. Toribio, and P. K. Holyoake. 2008. Biosecurity risks associated with current identification practices of producers trading live pigs at livestock sales. *Animal* 2:1692-1699.
- Hernández-Jover, M., G. Caja, J. J. Ghirardi, J. Reixach, and A. Sánchez. 2009. Using EID+DNA traceability system for tracing pigs under commercial farm conditions. In: 60th Annual Meeting of the European Association for Animal Production (EAAP), Barcelona, Spain. Book of abstracts No. 15. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands. p. 487.
- Holtz, J., L. Mercier, S. Duroy, and A. Debroux. 2010. *Identification électronique ovine. Rapport final des projets de pré-déploiement 2008-2010*. Institut de l'élevage. Paris, France.
- Holst-Jensen A., S. Rønning, A. Løvseth, and K. Berdal. 2003. PCR Technology for Screening and Quantification of Genetically Modified Organisms (GMOs). *Anal. Bio. Chem.* 375:985–993.
- Huiskes, J. H., G. P. Binnendijk, and H. J. A. Diepstraten. 2000. Practical value of ear tags with transponder and corresponding equipment for Identification and Registration of pigs. in *Praktijkonderzoek Varkenshouderij, Proefverslag num. P 1.252*, Rosmalen, The Netherlands. p. 6–7.

- ICAR. 2011. International Agreement of Recording Practices. Guidelines approved by the General Assembly held in Riga, Latvia, June 2010. Int. Comm. Anim. Recording, Rome, Italy.
- ICAR. 2012. Animal Identification: List of manufacturer codes. Accessed Oct. 10, 2012. http://www.icar.org/pages/manufacturer_codes.htm.
- IRTA. Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries. 2011. Accessed Oct.2, 2012. <http://www.irta.bdporc.es>.
- ISAG. 2012. International Society for Animal Genetics. Guidelines. Comparison Test. ISAG species panels 2003. Accessed Jan. 2013. <http://www.isag.us/comptest.asp>
- ISO. 1996a. Agricultural equipment. Radio-frequency identification of animals–Technical concept. ISO 11785:1996 (E).1st ed. Int. Standards Organ., Geneva, Switzerland.
- ISO. 1996b. Agricultural equipment. Radio-frequency identification of animals–code structure. ISO 11784:1996 (E). 2nd ed. Int. Standards Organ., Geneva, Switzerland.
- ISO. 2006. Code for the representation names of countries and their subdivisions — Part 1: Country codes. ISO 3166-1:2006 2009-10-15, Geneva, Switzerland.
- Jean-Pierre M. 1987. A rapid method for the purification of DNA from blood. *Nucleic Acids Research*. 15:9611.
- Kampers, F.W.H., W. Rossing, and W.J. Eradus. 1999. The ISO standard for radiofrequency identification of animals. *Comput. Electron. Agr.* 24:27-43.
- Laplaud, M. 1940. Cours de zootechnie générale. Fascicule 1. Librairie scientifique Claude Hermant, Paris, France. p. 2.
- Lambooi, E., and J. W. M. Merks. 1989. Technique and injection place of electronic identification numbers in pigs. Rapport B-335. Zeist, I.V.O. Schoonoord. The Netherlands.

- Lambooij, E. 1991. Automatic electronic identification systems for farm animals. Commission of the European Communities. Serie: Agriculture. Report EUR 13198 EN. Brussels, Belgium.
- Lambooij, E., P. H. S. Groot, R. F. Molenbeek, and E. Gruys. 1992. Subcutaneous tissue reaction to polyethylene terephthalate-covered electronic identification transponders in pigs. *Vet. Quart.* 14:145–147.
- Lambooij, E. 1992. Positioning of identification transponders in the auricle of pigs. *Vet. Rec.* 131:419–420.
- Lambooij, E., N. G. Langeveld, G. H. Lammers, and J. H. Huiskes. 1995. Electronic identification with injectable transponders in pig production: Results of a field trial on commercial farms and slaughterhouses concerning injectability and retrievability. *Vet. Q.* 17:118–123.
- Lichtenberg, L., S. J. Heidecke, and T. Becker. 2008. Traceability of meat: Consumers' associations and their willingness to pay. In: 12th of the European Association of Agricultural Economics, Book of Abstracts, Ghent, Belgium.
- Lodish, H., D. Baltimore, A. Berk, S. Zipursky, P. Matsudaira, and J. Darnell. 1995. *Molecular cell biology*, third edition. Scientific American Books, Inc. New York, N.Y.
- Luca, C. 2008. Trazabilidad. Proyecto universitario. Univ. Nacional de Luján, Buenos Aires, Argentina.
- Marx, K. 1867/1994. *Le Capital*, 4ème section, Oeuvres Economie I. Bibliothèque de la Pléiade, Gallimard, Paris, France.
- Maudet, C., G. Luikart, and P. Taberlet. 2002. Genetic diversity and assignment tests among seven French cattle breeds based on microsatellite DNA analysis. *J. Anim. Sci.* 80:942–950.

- Merks, J. W. M., and E. Lambooij. 1990. Injectable electronic identification systems in pig production. *Pig News Inf.* 11:35–36.
- MAGRAMA (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España). Accessed Nov, 2011. <http://www.magrama.es>.
- Mckean, J. D. 2001. The importance of traceability for public health and consumer protection. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 20(2):363–371.
- Miller, S. A., D. Dykes, and H. Polesky. 1988. A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research.* 16:1215.
- MLC. 2002. Meat and Livestock Commission. *Beef Yearbook 2002*. Winterhill House. Snowdon Drive. Milton Keynes, UK. p. 95.
- Montejo, A. 2007. Identificación Electrónica Animal Versus Trazabilidad, Sólo Cerdo Ibérico. 18:31–41.
- Mullis, K., F. Faloona, S. Scharf, R. Saika, G. Horn, and H. Erlich. 1986. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* 51:263–273.
- Nechtelberger, D., C. Kaltwasser, I. Stur, J-N. Meyer, G. Brem, M. Mueller, and S. Müller. 2001. DNA microsatellite analysis for parentage control in Austrian pigs. *Animal Biotech.* 12:141–144.
- Nieuwenhuijsen, H. T. 1991. International control and fraud tracing. In: *Automatic electronic identification systems for farm animals* (E. Laqmbooij, editor). Report CEE. Serie: Agriculture. Nb. EUR 13198. Bruxelles, Belgium. p. 87–89.
- Pedretti, R. 2004. Trazabilidad de carne bovina en Paraguay. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación(FAO). Proyecto de cooperación técnica FAO/TCP/ 2910 Apoyo a la integración agropecuaria en el Mercosur ampliado.

- Peters, E. 1991. Slaughterhouse identification and recovery. In: E. Lambooij, ed. Report CEE. Serie: Agriculture. 13.198, Bruxelles, Belgium. p. 77–88.
- Pettitt, R. G. 2001. Traceability in the food animal industry and supermarket chains. Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz. 20:584–597.
- Piedra, L. 2012. Análisis del mercado porcino europeo. Dpto Agricultura de COAG. Accessed April, 2012. <http://www.coag.org>.
- Pinna, W., P. Sedda, G. Delogu, G. Moniello, M. G. Cappai, and I. L. Solinas. 2005b. Effect of intraperitoneal electronic identification on productive performance of Sardinian suckling lambs. Ital. J. Anim. Sci. 4:348–350.
- Porcher, J. 2010. La production de viandes in-vitro, stade ultime ? La Revue Politique et Parlementaire n° 1057. p. 97–104.
- Porcher, J., and P. Grassi. 2013. Rétifs à l'innovation ou rebelles à l'avenir. Résistances des éleveurs à l'identification électronique de leurs animaux. Nat. Sci. Soc. (Submitted).
- Real Decreto 1430/1992, de 27 de noviembre, por el que se establecen los principios relativos a la organización de controles veterinarios y de identidad de los animales que se introduzcan en la Comunidad procedentes de países terceros. Publicado en el Boletín Oficial del Estado Español, n° 14. p. 1167–1175.
- Real Decreto 205/1996, de 9 de febrero por el que se establece un sistema de identificación y registro de 105 animales de las especies bovina, porcina, ovina y caprina. Publicado en el Boletín Oficial del Estado Español, n° 52. p. 7900–7913.
- Real Decreto 324/2000, de de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. Publicado en el Boletín Oficial del Estado Español, n° 58. p. 9505–9512.

- Real Decreto 1486/2009, de 26 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 947/2005, de 29 de julio, por el que se establece un sistema de identificación y registro de los animales de las especies ovina y caprina. Publicado en el Boletín Oficial del Estado Español, nº 256, Sec.1. p. 88341-88351.
- Real Decreto 360/2009, de 23 de marzo, por el que se establecen las bases del programa coordinado de lucha, control y erradicación de la enfermedad de Aujeszky. Publicado en el Boletín Oficial del Estado Español, nº. 89. Sec.1. p. 34145-34165.
- Reglamento (CE) nº 933/2008 de la Comisión, de 23 de septiembre de 2008, por el que se modifica el anexo del Reglamento (CE) nº 21/2004 del Consejo en lo que respecta a los medios de identificación de los animales y al contenido de los documentos de traslado. Publicado en: Diario Oficial de la Unión Europea, nº 256 de 24 de septiembre de 2008. p. 5-11.
- Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. Publicado en: Diario Oficial de las Comunidades Europeas, nº 31 de 1 de febrero de 2002. p. 1-24.
- Ribó, O. 1996. Identificación electrónica en ganado ovino y caprino: factores que afectan a la implantación de transponders y eficacia de lectura en condiciones de campo. PhD Thesis. Univ. Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Spain.
- Ribó, O., C. Korn, U. Meloni, M. Cropper, P. De Winne, and M. Cuype 2001. IDEA: a large-scale project on electronic identification of livestock. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 20:426-436.

- Rojas-Olivares, M. A., G. Caja, S. Carné, A. A. K. Salama, N. Adell, and P. Puig. 2011a. Retinal image recognition for verifying the identity of fattening and replacement lambs. *J. Anim. Sci.* 90:1040–1046.
- Rolando, A., and L. Di Stasio. 2006. MC1R gene analysis applied to breed traceability of beef. *Ital. J. Anim. Sci.* 5:87–91.
- Rothschild, M. 2003. Transferencia de biotecnología a los programas genéticos. *Mundo Ganadero* 153:30–39.
- Ruiz-Garcia, L., and L. Lunadei. 2011. The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Comput. Electron. Agr.* 79:42–50.
- Ryan, S. E., D. A. Blasi, C. O. Anglin, A. M. Bryant, B. A. Rickard, M. P. Anderson, and K. E. Fike. 2010. Read distance performance and variation of 5 low-frequency radio frequency identification panel transceiver manufacturers. *J. Anim. Sci.* 88:2514–2522.
- Saatkamp, H. W., A. A. Dijkhuizen, R. Geers, R. B. M. Huirne, J. P. T. M. Noordhuizen, and V. Goodseels. 1996. Simulation studies on the epidemiological impact of national identification and recording systems on the control of classical swine fever in Belgium. *Preventive Veterinary Medicine.* 26:119–132.
- Sale, K. 2006. *La révolte luddite. Briseurs de machines à l'ère de l'industrialisation.* Editions l'Echappée, Montreuil, France.
- Sambrook, J., E. Fritsch, and T. Maniatis. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual* (2nd ed.). Cold Spring Harbor Laboratory Press. Cold Spring Harbor, N.Y.
- Sánchez Belda, A. 1981. *Identificación animal.* Ministerio de Agricultura. Publicaciones de Extensión Agraria. Manuales Técnicos, Madrid, serie B, nº 11. p. 286.

- Santamarina, C., M. Hernández-Jover, D. Babot, and G. Caja. 2007. Comparison of visual and electronic identification devices in pigs: Slaughterhouse performances. *J. Anim. Sci.* 85:497–502.
- Saiki, R., D. Gelfand, S. Stoffel, S. Scharf, R. Higuchi, G. Horn, K. Mullis, and H. Erlich. 1985. Primer-directed Enzymatic Amplification of DNA with a Thermostable DNA polymerase. *Sci.* 239:487–491.
- Schembri, N., F. Sithole, J. A. Toribio, M. Hernandez-Jover, and P. K. Holyoake. 2007. Lifetime traceability of weaner pigs in concrete-based and deep-litter production systems in Australia. *J. Anim. Sci.* 85:3123–3130.
- Schreiber, G. 1999. Challenges for Methods to Detect Genetically Modified DNA in Foods. *Food Control.* 10: 351–352.
- Shackell, G. H., H. C. Mathias, V. M. Cave, and K. G. Dodds. 2005. Evaluation of microsatellites as a potential tool for product tracing of ground beef mixtures. *Meat Sci.* 70:337–345.
- Shackell, G. H. 2008. Traceability in the meat industry – the farm to plate continuum. *J. Food. Sci. Tech.* 43:2134–2142.
- Schutt, L. K. and P. V. Turner 2010. Microchip-Associated Sarcoma in a Shrew (*Suncus murinus*). *J. Americ. Assoc. Lab. Anim. Sci.* 90, 5:638–641.
- Somma, M., 2005. The Analysis of Food Samples for the Analysis of Genetically Modified Organisms. Session 4. European Commission. Joint research Centre.
- Stärk, K. D. C., R. S. Morris, and D. U. Pfeiffer. 1998. Comparison of electronic and visual identification systems in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 53:143–152.
- Stanford, K., J. Stitt, J. Kellar, and T. McAllister. 2001. Traceability in cattle and small ruminants in Canada. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 20:510–522.

- Teixidor, H., J. Soler, and J. Tibau. 1995. Test de un sistema electrónico de identificación animal. *Anaporc.* 148:131–139.
- Thompson, E. P. 2012. *La formation de la classe ouvrière anglaise. Le seuil*, Paris, France.
- USDA, 2004. Animal Identification. Animal and Plant Health Service, USDA. Accessed March, 2011. <http://www.aphis.usda.gov>.
- USDA. 2011. Advancing Animal Disease Traceability. Accessed March, 2011. http://www.aphis.usda.gov/traceability/downloads/report_implementation_plan.pdf.
- Vásquez, J. F., T. Pérez, F. Ureña, E. Gudín, J. Albornoz, and A. Domínguez. 2004. Practical application of DNA fingerprint to trace beef. *J. Food Protect.* 67:972–979.
- Van Houwelingen, P. 1991. Review of existing identification systems. In: *Automatic electronic identification systems for farm animals.* (E. Lambooi, editor), Report CEE. Serie: Agriculture. Nb. EUR 13198. Bruxelles, Belgium. p. 7–12.
- Vascellari, M., E. Melchiotti, and F. Mutinelli. 2006. Fibrosarcoma with Typical Features of Postinjection Sarcoma at Site of Microchip Implant in a Dog: Histologic and Immunohistochemical Study. *Vet. Pathol.* 43:545–548.
- Zamorano, M., J. Ruitter, A. Rodero, and J. Vega-pla. 1998. Análisis genético de marcadores microsatélites de la raza bovina berrenda en negro. *Arch Zootec.* 47:195–200.

ANEXOS

Anexo 1. Detaills des entretiens

Date	Lieu	Region de France	Institut Tèchnique	Éleveur	Total
2/16/2011	Lintin	Tarn	-	Bovins	-
2/16/2011	Albi	Tarn	-	Bovins	-
2/17/2011	Fraïsse Sur Agour	Tarn	-	Plusieurs espèces	-
3/18/2011	Paris	Ile de France	Institut de l'Elevage	-	-
3/21/2011	Rennes	Bretagne	Institut du Porc	-	-
3/21/2011	Le Moullais	Bretagne	-	Chèvres	-
3/22/2011	Rennes	Bretagne	Direction Dep. Des Services Veterinaire	-	-
3/23/2011	Angers	Pays de la Loire	Institut Technique de l'Agriculture Biologique	-	-
3/23/2011	Mauves sur Loire	Pays de la Loire	-	Chèvres	-
3/24/2011	Sacé	Pays de la Loire	-	Cochons	-
3/24/2011	Rennes	Bretagne	Institut du Porc	-	-
3/24/2011	Peder nec	Bretagne	-	Plusieurs espèces	-
3/25/2011	Rennes	Bretagne	Institut National de la Recherche Agronomique	-	-
Total Données	-	-	6	7	13

Anexo 2. Questions et parametrization (*preguntas y parametrización*)

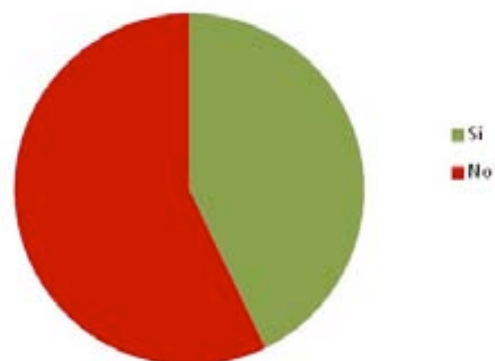
Questions originales (en francés)	Preguntas originales (traducción)	Reformulación pregunta para parametrización	Respuestas entrevistas ganaderos		Respuestas entrevistas técnicos	
			Si	No	Si	No
Qu'est-ce que cela veut dire pour vous : identifier les animaux ?	Qué significa para usted: identificar a los animales?	Identificar significa un numero?	3	4	6	0
Quels sont les systèmes d'identification des animaux qui existent en France?	Cuales són los sistemas de identificación de animales existentes en Francia?	Conoce los sistemas de identificación de animales existentes en Francia?	7	0	6	0
Est-il le même pour toutes les espèces?	Són los mismos para todas las especies?	Conoce si són los mismos para todas las especies?	6	1	6	0
Quelle est la législation actuelle?	Cual es la legislación actual?	Conoce la legislación actual?	7	0	6	0
C'est la même pour toutes les régions de France, ou il y a des exceptions?	Es la misma para todas las regiones de Francia o hay excepciones?	Conoce si la legislación es la misma para todas las regiones de Francia o hay excepciones?	7	0	6	0
Pour l'identification des caprins et des ovins il est obligatoire de mettre une puce, mais qu'en est-il pour le reste des espèces? Quel est le but poursuivi par l'administration avec cette obligation là?	Para el caso del ovino y el caprino es obligatorio el uso de la identificación electrónica, pero que ocurre con el resto de las especies? Cual cree que es el objetivo que persigue la administración con esta	Considera que el papel de la administración frente a la obligación del uso de la identificación electrónica en el ovino y caprino tiene un sentido político de control?	5	2	0	6

		normativa?				
Si c'est une question de traçabilité, qu'est ce qui est « tracé » en production laitière de chèvres ?	Si se trata de una cuestión de trazabilidad, que es lo que se traza en producción lechera caprina?	En el caso de no trazar leche, es decir, en el caso de trazar animales de venta, queso, etc., usaría la identificación electrónica?	2	5	-	-
Est-ce qu'il y a des alternatives à l'identification électronique?	Hay alternativas a la identificación electrónica?	Considera que hay alternativas a la identificación electrónica que podrían funcionar?	7	0	6	0
Qu'est-ce que cela veut dire pour vous traçabilité ?	Que significa para usted trazabilidad?	La identificación electrónica mejora la trazabilidad?	2	5	6	0
Qu'est-ce qu'il y a comme différence entre « identification » et « traçabilité »?	Que hay como diferencia entre "identificar" y "trazabilidad"?	Hay diferencias entre identificación y trazabilidad?	5	2	3	3

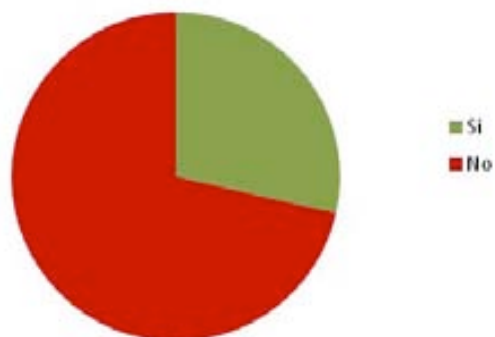
<p>Pensez-vous qu'il puisse y avoir une différence légale en matière d'identification et de traçabilité en fonction du type de production qu'on fait, entre ceux qui ont beaucoup d'animaux et qui vendent à des groupements et ceux qui font une petite production et qui vendent eux-mêmes comme des éleveurs des chèvres ?</p>	<p>Piensa usted que pueda haber una diferencia legal en cuanto a la identificación y a la trazabilidad se refiere, en función del tipo de producción que uno hace, entre aquellos que tienen muchos animales y que venden a grandes grupos, y aquellos que tienen una producción pequeña y que son ellos mismos los que se venden como ganaderos de cabras?</p>	<p>Considera que podría existir una diferenciación en cuanto a la legislación sobre identificación y trazabilidad en función del tipo de producción?</p>	6	1	2	4
<p>Pourquoi mettre une puce ? N'est-il pas suffisant que l'éleveur connaisse parfaitement ses animaux?</p>	<p>Por qué usar un "chip"? No es necesario con que un ganadero conozca perfectamente a sus animales?</p>	<p>Usted utilizaría identificación electrónica?</p>	2	5	6	0

Anexo 3. Gráficos resultantes de la parametrización de las algunas de las preguntas realizadas a los ganaderos

La identificación representa un número?



El uso de la identificación electrónica implica una mejor trazabilidad?



Condiera que debería haber una diferenciación en cuanto a la legislación sobre la identificación y la trazabilidad en función del tipo de producción?



Anexo 4. Gráficos resultantes de la parametrización de las algunas de las preguntas realizadas a los técnicos

