

APLICACIÓN DE LA IDENTIFICACIÓN ELECTRÓNICA A LA TRAZABILIDAD DEL GANADO Y DE LA CARNE¹

Por: **G. Caja, M. Hernández-Jover, J. Ghirardi, D. Garín y J.H. Mocket**
Producció Animal, Departament de Ciència Animal i dels Aliments, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Barcelona.
gerardo.caja@uab.es

Antecedentes y problemática actual

La identificación del ganado es un aspecto vinculado a la trazabilidad del ganado y de la carne que, pese a su importancia, se encuentra todavía hoy mal resuelto en la práctica. Entre los sistemas de identificación utilizados actualmente, sólo tienen reconocimiento oficial por parte de la administración y asociaciones ganaderas: los tatuajes, marcas a fuego y crotales, pero sin embargo, el elevado número de variantes de estos sistemas y la constante propuesta de mejoras e innovaciones, hablan por sí mismos de lo insatisfactorios y limitados que son en la práctica (Caja et al., 1998a).

Las recientes crisis agroalimentarias europeas originadas por el alcance y amplia difusión de patologías tales como: las encefalopatías del bovino (EEB) y ovino (scrapie o tembladera), la fiebre aftosa en bovino, ovino caprino y porcino, los importantes y reiterados focos de peste porcina clásica (PPC), así como por la detección de productos no permitidos o peligrosos, en el ganado y en alimentos de origen animal, tales como hormonas y anabolizantes (clembuterol,...), antibióticos, pesticidas (nitrofenol,...) o contaminantes ocasionales (dioxinas, aceites industriales,...), y la aparición de brotes toxoinfecciosos ocasionales (salmonellosis, listeriosis, colibacilosis por E. coli O157:H7), son claros ejemplos de la facilidad con que actualmente se extienden los problemas y de la complejidad de su prevención y control.



Identificación con crotales ¿una imagen para el recuerdo?

A ello se une la acción permanente de lucha de ganaderos y administración contra otras enfermedades clásicas de gran importancia económica o social y de difícil erradicación (brucelosis, tuberculosis,...), y la realización habitual de los controles de censos y producciones ganaderas necesarios para la aplicación de los variados sistemas de gestión y selección ganadera, así como de aplicación de medidas de ayuda o correctoras de la política agraria nacional o comunitaria.

Surge así la necesidad de disponer de nuevos métodos de identificación animal que faciliten el control de los animales y la trazabilidad de sus productos, mediante la aplicación de nuevas tecnologías adaptadas a la modernización y globalización de los intercambios comerciales.

Interés y requisitos de la identificación electrónica animal

Frente a esta compleja problemática surge como una nueva técnica de interés la identificación electrónica (IDE) mediante dispositivos pasivos de radio-frecuencia. La

IDE por radiofrecuencia utiliza radiaciones electromagnéticas no ionizantes, caracterizadas por su longitud de onda grande (entre 1-3000 m) y baja frecuencia (entre 0.03-300 MHz). Su energía es unas 1000 veces inferior a la de las microondas (1-1000 mm de longitud de onda, 0.3-300 GHz de frecuencia).

Los requisitos fundamentales que se exigen a un sistema de IDE son los siguientes (Caja et al., 1998a; Conill, 1999):

- Lectura a distancia y en animales en movimiento.
- Funcionamiento pasivo (sin baterías), de larga duración y seguro para animales y hombres.
- 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.
- Coste asumible por la cadena productiva.

¹ Fundación Ibérica para la Seguridad Alimentaria II Seminario Internacional FUNDISA 2-3 octubre de 2002, Auditorio Mapfre, Madrid.



Tabla 1. Código de identificación para identificación animal según la ISO 11784

Nº de bit	Total de bits	Contenido del bloque del telegrama información	Posibles combinaciones
1	1	Uso animal = 1 (uso industrial = 0)	2
2-15	14	Espacio reservado para uso futuro	16.328
16	1	Uso de bloque adicional (1 = sí; 0 = no)	2
17-25	10	Código del país (ISO 3166)	1.024
27-64	38	Código de identificación del animal	274.877.906.944

A título de ejemplo, un país como España (código ISO 3166 = 724) que posee un censo próximo a los 50 millones de animales reproductores de las principales especies ganaderas (bovina, ovina, caprina, equina, asnal y porcina), y en el que hubiera que identificar a todos los animales destinados a la reposición cada año (aproximadamente unos 20 millones), el sistema aprobado por ISO permitiría mantener una numeración correlativa durante más de 13.000 años; esta cifra habla por sí misma del margen permitido por el sistema propuesto por ISO (Caja et al., 1998a). Recientemente ha surgido una iniciativa internacional para utilizar 2 bits del espacio reservado para uso futuro e incluirlos en el código de identificación animal que pasaría así a tener 40 bits y posibilitaría el empleo completo de los 12 dígitos ($2^{12} = 1.099.511.627.776$)

En la actualidad se cuenta con más de 25 años de experiencia en la aplicación de la IDE a la ganadería, siendo especialmente importantes los desarrollos tecnológicos realizados durante la última década (Ribó, 1996; Conill, 1999; Garín, 2002). En base a todo ello, distintas administraciones (Comunitaria, Nacionales y Autonómicas) y asociaciones de ganaderos tienen actualmente en estudio decisiones sobre la aprobación de la IDE como método oficial y universal de identificación ganadera.

De una forma particular la Comisión Europea (CE), en su **Directiva 92/102/CEE** (referente a la identificación y registro de animales) y en los **Reglamentos 820/97** y en el más reciente **1760/02** (referentes a la identificación del ganado bovino y de su carne), ha acordado que antes del final de 2002 decidirá sobre el uso de la IDE como sistema comunitario de identificación y registro de animales de acuerdo con los estándares aprobados por ISO. La CE tiene además actualmente en estudio una propuesta de reglamento para la identificación de los ovinos y caprinos que, a semejanza de los bovinos, deberán ser identificados individualmente y en la que se considera la posibilidad de utilizar la IDE como dispositivo de identificación.

Elementos de un sistema de identificación electrónica por radio-frecuencia

Un sistema de identificación por radio-frecuencia, tal como ha sido descrito previamente por Ribó (1996), Caja et al. (1998a; 2000a), Conill (1999) y Garín (2002), consta fundamentalmente de dos elementos básicos:

Transpondedor: Dispositivo identificador que recibe su denominación del término inglés *Transponder* (*transmitter-responder*) y que es comúnmente conocido como *chip* o *microchip* (*chip* = trozo pequeño). Puede ser programado (en fábrica o por el propio usuario) con un código numérico o alfanumérico de identificación y ser colocado o introducido en el cuerpo de los animales para ser leído a distancia mediante una unidad de lectura. Consta de los siguientes componentes:

- Circuito electrónico integrado.
- Chip de silicio donde se ha grabado el telegrama de información que incluye el código numérico o alfanumérico.
- Antena, formada por una bobina de cobre sobre un núcleo de ferrita (óxido de hierro de propiedades magnéticas) para aumentar su eficacia.

- En los sistemas en los que el método de intercambio de información empleado por el lector no hace coincidir la activación con la respuesta (metodología HDX o *half-duplex*), se incluye además un condensador en el transpondedor para almacenar la energía de funcionamiento. Este componente no es necesario en los transpondedores de metodología FDX (*full-duplex*), en los que activación y respuesta ocurren simultáneamente.

Transceptor: Lector o unidad de lectura que recibe también su denominación del término inglés *Transceiver* (*transmitter-receiver*). Es un equipo electrónico de mayor complejidad y que consta generalmente de:

- Módulo de radio-frecuencia, encargado de la emisión, recepción e interpretación de la señal electromagnética.
- Antena, que puede tener muy distintas configuraciones (lineal, de marco,...) de acuerdo con el diseño del transceptor.
- Fuente de energía, normalmente baterías recargables, o conexión a la red. Condiciona fuertemente el tamaño de la unidad y su alcance de lectura.
- Procesador, con o sin memoria (para el tratamiento y/o almacenamiento de la información recibida).
- Pantalla de visualización del código de identificación o salida de la señal para su conexión a un ordenador o un equipo que actúa en función de la información recibida (báscula, medidor de leche, puerta de paso,...).

En la práctica se distingue entre unidades de lectura portátiles (de mano) y fijas (o transportables) según las características del equipo de radiofrecuencia utilizado.

La distancia a la que las unidades de lec-

tura son capaces de leer un transpondedor depende de muchos factores (Ribó, 1996; Conill, 1999; Garín, 2002), entre los que pueden destacarse:

- La tecnología y frecuencia de emisión utilizadas (varían según el diseño de los componentes electrónicos).
- Adecuación de la tecnología del transceptor al transpondedor y grado de sintonización entre ambos.
- Tipo y características de la antena del transpondedor, siendo mayor la distancia de lectura cuanto mayor es la antena del transpondedor (tamaño del transpondedor).
- Características de la antena del transceptor e intensidad del campo electromagnético emitido.
- Presencia de elementos metálicos o que produzcan interferencias en el entorno próximo.

En la actualidad se exige que las unidades de lectura usadas en ganadería sean capaces de leer, orientadas en la posición más favorable respecto al transpondedor y en un ambiente sin interferencias, a más de 20 y 50-80 cm (± 3 cm) para las portátiles y fijas, respectivamente (ICAR y Proyecto IDEA).

Estandarización de la IDE en ganadería

Existen distintas variantes tecnológicas de los sistemas de radio-frecuencia disponibles para su uso en ganadería (Ribó, 1996; Caja et al., 1998a, 2000a; Conill, 1999; Garín, 2002). Las principales diferencias entre sistemas corresponden a las combinaciones de la estructura del mensaje o telegrama de información enviada por el transpondedor, y en especial de su código de identificación, la frecuencia de la onda de identificación emitida por el transceptor y



método de intercambio de la información (o duplicidad) entre el transceptor y el transpondedor. Así:

- Estructura del telegrama de información: La onda electromagnética enviada por los dispositivos de radiofrecuencia es transformada en un mensaje digital constituido por *bits* (bit = *binary digit* o unidad binaria de información: 0 o 1, que en informática son interpretados eléctricamente como *on* y *off*). Los bits se agrupan normalmente en bloques de 8 bits llamados Bytes (1 Byte = 8 bits) y la longitud del telegrama de información resulta así múltiplo de 8. A cada bit o bloque de bits se le asigna un significado codificado. A priori, las posibilidades de longitud del telegrama y el significado asignado a cada bit resultan ilimitadas, por lo que resulta necesaria su estandarización.

Para solucionar esta problemática, la organización de ámbito Mundial ISO (*International Standardization Organization*), creó un grupo de trabajo en 1991 (WG3 / SC19 / TC23) formado por fabricantes, técnicos e investigadores sobre el tema, con la finalidad de unificar tecnologías y posibilitar la universalización de la IDE. Como resultado de su actividad, el ISO WG3 en identificación electrónica animal, publicó un primer estándar, que fue largamente debatido y finalmente aprobado en mayo de 1994 (**ISO 11784**), sobre las principales características de la estructura del Código de identificación electrónica de los animales de granja y compañía de un determinado país (**Tabla 1**). Con esta estructura se fija la posición y el número de bits que ocupará cada parte del telegrama de información con una longitud total de **64 bits** (8 Bytes = 8 x 8 bits), resultando posibles más de 274.000 millones de combina-

ciones en el código de identificación.

Por otro lado, la combinación de este número con el del país (de acuerdo con la codificación **ISO 3166** de tres dígitos) o temporalmente, mientras no exista una base de datos gestionada por cada uno de los países afectados, el número autorizado por ICAR a los fabricantes de transpondedores, permite un empleo muy amplio en la práctica. La lista actualizada de códigos asignados por ICAR a los fabricantes de transpondedores que cumplen el estándar ISO puede ser consultada en la página web de libre acceso de la organización (<http://www.icar.org/animal.htm>).

A título de ejemplo, un país como España (código ISO 3166 = 724) que posee un censo próximo a los 50 millones de animales reproductores de las principales especies ganaderas (bovina, ovina, caprina, equina, asnal y porcina), y en el que hubiera que identificar a todos los animales destinados a la reposición cada año (aproximadamente unos 20 millones), el sistema aprobado por ISO permitiría mantener una numeración correlativa durante más de 13.000 años; esta cifra habla por sí misma del margen permitido por el sistema propuesto por ISO (Caja et al., 1998a). Recientemente ha surgido una iniciativa internacional para utilizar 2 bits del espacio reservado para uso futuro e incluirlos en el código de identificación animal que pasaría así a tener 40 bits y posibilitaría el empleo completo de los 12 dígitos ($2^{40} = 1.099.511.627.776$)

- Frecuencia de activación: Respecto a las frecuencias de activación emitidas por los transceptores, aspecto que puede modificar notablemente la distancia de lectura (a

menor frecuencia mayor capacidad de penetración), surge una importante limitación al estar definida por ley la banda en que una determinada actividad puede ser desarrollada. No resulta así posible emitir libremente o fuera de la banda de frecuencia autorizada para esa actividad. La razón es garantizar un uso limpio (sin interferencias) y ordenado de cada banda de frecuencia. La **Tabla 2** resume los principales sistemas disponibles actualmente en el mercado para IDE en las distintas bandas de frecuencia.

En el caso de la IDE animal, después de arduas negociaciones y amplios periodos de transición, la única frecuencia asignada y reconocida por la ISO 11784 (aprobada y publicada en 1994) y plenamente vigente desde octubre de 1998, es la de **134.2 kHz** o 'frecuencia ISO para la IDE animal'.

- Metodología de intercambio de información: Se distinguen dos métodos fundamentales en la radiofrecuencia:

- El método **FDX** (*full duplex*) o de completa duplicidad, es el que utiliza un canal que permite la comunicación simultánea entre el transceptor y el transpondedor (método equivalente al de los actuales radioteléfonos). Una variante de este método de duplicidad, conocida como **FDX-B** (Patente propiedad de Nedap Agri, Holanda) y que trabaja con una frecuencia de activación de 134.2 kHz, es la única reconocida como ISO en la actualidad.

- El método **HDX** (*half duplex*) o de media duplicidad (Patente propiedad de Texas Instruments, Holanda), por el contrario, utiliza un canal que sólo permite la comunicación alternativa (en un sólo sentido) entre el transceptor y el transpondedor (método equivalente al de las emisoras de radio afinado).

A priori los dos sistemas resultan teóricamente equivalentes, pues si bien el FDX debería ser más rápido que el HDX, resulta más vulnerable a la aparición de interferencias, ya que suele utilizar sistemas de modulación por amplitud o variación de la frecuencia en una gama amplia de frecuencias. Por el contrario el HDX sólo utiliza modulación física en la transmisión de la información y lo realiza en una gama estrecha de frecuencias.

Estos conceptos técnicos, junto con la terminología a utilizar en la IDE de animales mediante radiofrecuencia, fueron también definidos en otro estándar ISO aprobado en octubre de 1995 (**ISO 11785**). En el se definen además, las características que deben cumplir los transceptores (lectores)

Tabla 2. Características de las bandas de radio frecuencia utilizadas para la identificación electrónica de bienes y equipos (1 Hz = 1 ciclo/seg)

Frecuencia de banda	MHz	Longitud de onda	Propiedades	Uso en la practica
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 leñble 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. Muy bajo coste.	Marcado externo de objetos (3-5 GHz)

SOKYMAT Food & Animal

INYECTABLES 4X34mm

Con chip Zodiad de acuerdo con las normas ISO 11784 / 11785 y aprobado por IDEA
Con chip Q5 (256 bit lectura/escritura)
Con chip Unique (64 bit lectura)
Bolos disponible en varios tamaños y aprobado por IDEA



para aplicaciones de ganado

INYECTABLES 3x13mm y 2X12mm

Con chip Zodiad de acuerdo con las normas ISO 11784 / 11785
Con chip Q5 (256 bit lectura/escritura)
Con chip Unique (64 bit lectura)
Disponibles con Paryleno (tratamiento anti-migración)



para animales domésticos,exoticos, ganado y peces

CROTAL & UNIDADES ELECTRONICAS

Unidad electrónica Zodiad de acuerdo con las normas ISO 11784 / 11785
Unidad electrónica Q5 (256 bit lectura/escritura)
Unidades electrónicas disponibles para fabricantes de corales
Crotales disponible con las normas ISO 11784 / 11785 y aprobado por IDEA



para aplicaciones de ganado

INYECTABLE 2X8mm

2 x 8mm con Q5 (256 bit lectura/escritura)
Disponibles con Paryleno (tratamiento anti-migración)
El tag más pequeño del mercado comparable a un grano de arroz

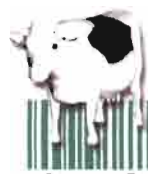


para la identificación de animales de laboratorio

SOKYMAT IDENTIFICATION

World Trade Center,
Muelle de Barcelona, Edificio Sur 2a planta
E - 08039 Barcelona
Tel: +34 93 344 32 49 Fax: +34 93 344 32 99
Info.es@sokymat.com
www.sokymat.com

 **SOKYMAT**
Food & Animal
... simply the best



para ser considerados ISO y que básicamente corresponden a que trabajen a una frecuencia de activación de 134.2 kHz y que sean capaces de leer indistintamente transpondedores de los dos métodos de duplicidad aceptados: FDX-B y HDX.

La ISO 11785 incluye además un anexo (Anexo A) en el que figuran las características de las distintas tecnologías que se encuentran fuera del estándar en la actualidad (Destron-versión Fecava, Datamars y Trovan) y a las que se propone un procedimiento para adaptar sus transceptores al estándar. Esta adaptación tiene por objeto que la producción de nuevos transpondedores ISO pueda resultar compatible con las bases de datos que se mantienen principalmente en animales de compañía, de laboratorio o de interés zoológico. El plazo para que los fabricantes se adaptaran a los estándares ISO finalizó en octubre de 1998. El número exclusivo asignado por ICAR a los fabricantes garantiza que los dispositivos de identificación producidos cumplen los dos estándares ISO 11784 y 11785.

De acuerdo con todo ello, la decisión de la Comisión Europea sobre IDE que será tomada en 2002 sólo considera la utilización de dispositivos ISO (Directiva 92/102/CEE y Reglamento 820/97) para la identificación de animales de granja en Europa.

Tipos de transpondedores utilizados en identificación animal

En la práctica se reconocen cuatro tipos de transpondedores para la identificación electrónica de los animales de granja, según su forma de presentación y posibilidades de uso:

Inyectables: Transpondedores de pequeño tamaño, encapsulados en un material biocompatible no poroso (normalmente cristal) y capaces de ser inyectados en el cuerpo del animal, normalmente de forma subcutánea.

Crotales: Transpondedores recubiertos de material plástico y capaces de colocarse en las orejas de los animales mediante un dispositivo de fijación (normalmente en forma de botón y utilizados como pieza hembra de los crotales plásticos tradicionales).

Bolos: Transpondedores introducidos en una cápsula de material de elevado peso específico (cerámica o plástico-metal) que es capaz de ser administrada oralmente y de permanecer de una forma permanente en los pre-estómagos de los rumiantes).

Discos, medallas y hebillas: Transpondedores recubiertos de material plástico y capaces de colocarse en las patas y cuello

Tabla 3. Resultados generales obtenidos en la identificación electrónica de bovinos de diversas edades¹.

Lugar de aplicación	Aplicación en granja	Recuperación en matadero	Pérdidas y roturas	Capacidad de lectura ² (%)	Eficacia de lectura ³ (%)
Crotales:					
Plásticos	Fácil	Fácil	Altas	88-96	-
Electrónicos	Fácil	Fácil	Bajas	95-99	100
Inyectables:					
Cuello (lateral)	Fácil	Difícil	Altas	-	-
Labio	Difícil	Fácil	Altas	74-95	53-67
Base de la cola	Fácil	Difícil	Altas	-	-
Axila	Fácil	Media	Bajas	97-99	96-99
Oreja (escutulum)	Difícil	Media	Bajas	93-97	82-94
Bolos	Fácil	Fácil	Bajas	99-100	100

¹ Elaborado a partir de los resultados obtenidos por Caja et al. (1996, 1998b, 1999), Conill (1999) y Conill et al. (2000); ² Estática (animales inmovilizados), ³ Dinámica (animales en movimiento).

de los animales mediante un dispositivo de fijación (normalmente cintas).

Situación de la IDE en rumiantes

Diversas razones han motivado que, en la actualidad, la identificación de la IDE en rumiantes esté muy avanzada. La principal razón es la intensa labor de investigación realizada con apoyo de la Dirección General de Agricultura (DG6) de la Comisión Europea (CE), debido a que los bovinos, ovinos y caprinos son especies ganaderas sometidas a medidas de control y a un régimen de ayudas de cuantía muy importante para la PAC (Política Agraria Comunitaria). Así, después de un seminario sobre IDE organizado en 1990 por la Comisión (Lambooij, 1991), el FEOGA (Fondo Europeo de Orientación y Garantía Agraria) financió la realización de un proyecto internacional (FEOGA CCAM 93-342) en ovino, caprino y bovino, bajo la dirección de un equipo de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), a fin de evaluar el

estado de la tecnología de IDE y las posibilidades de utilización en la práctica. El proyecto permitió demostrar que, mediante el empleo transpondedores inyectables y unidades de lectura ISO HDX, es posible conseguir al menos un 98% de identificación en las citadas especies (Caja et al., 1994). La principal problemática surgida fue la recuperación en el matadero de los transpondedores inyectables, lo que presentó el inconveniente de retrasar en ocasiones el faenado de las canales en el matadero.

Como alternativa a los transpondedores inyectables en rumiantes, Caja et al. (1996, 1999) propusieron la utilización de un bolo ruminal de material cerámico que, una vez desarrollado y comprobado, ha sido objeto de diversas patentes de ámbito mundial (The European Community et al., 1997; Caja et al., 2001).

El empleo de estos bolos equipados con transpondedores fue comparado a transpondedores inyectables y crotales electrónicos, en un proyecto de investigación posterior financiado por la DG Agricultura de

Tabla 4. Resultados generales obtenidos en la identificación electrónica de ovinos de diversas edades¹.

Lugar de aplicación	Aplicación en granja	Recuperación en matadero	Pérdidas y roturas	Capacidad de lectura ² (%)	Eficacia de lectura ³ (%)
Crotales:					
Plásticos	Fácil	Fácil	Medias	92-97	-
Electrónicos	Fácil	Fácil	Bajas	96-99	75-95
Inyectables:					
Cuello (lateral)	-	-	-	-	-
Base de la cola	Fácil	Difícil	Bajas	77	-
Axila	Difícil	Difícil	Altas	93-98	100
Oreja (base)	Fácil	Media	Bajas	95-96	85-95
	Fácil	Difícil	Bajas		
Bolos	Fácil	Fácil	Bajas	99-100	100

¹ Elaborado a partir de los resultados obtenidos por Ribo (1966), Caja et al. (1998b, 1999), Conill (1999), Conill et al. (2002) y Garín (2002); ² Estática (animales inmovilizados), ³ Dinámica (animales en movimiento).



Tabla 5. Animales y dispositivos de identificación electrónica utilizados en el proyecto IDEA (n = 916.425).

País	Animales			Identificadores		
	Bovino	Ovino	Caprino	Bolos	Crotales	Inyectables
Alemania	50.000	-	-	10.000	20.000	20.000
España	49.000	176.000	20.000	245.000	-	-
Italia:						
Valle Aosta	58.000	10.000	2.000	70.000	-	-
Lazio	29.700 ¹	83.325	2.000	115.025	-	-
Abruzzo-Molise	70.000	10.000	-	10.000	70.000	-
Holanda	80.000	-	-	34.000	34.000	12.000
Portugal	21.000	122.000	5.000	148.000	-	-
Francia:						
Sudeste	-	99.600 ²	-	500	99.100	-
Borgoña	12.000	-	-	3.000	9.000	-
Bretaña	16.800	-	-	4.500	12.300	-
Total	386.500	500.925	29.000	640.025	244.400	32.000

¹ Incluye 15.000 búfalos de agua; ² Incluye 50.000 corderos de cebo.

la CE (Programa AIR 3, Proyecto 2304) en bovino, ovino y caprino, en el que también participó el equipo de la UAB.

Los principales resultados obtenidos hasta la fecha con distintos dispositivos de IDE en rumiantes han sido resumidos en la **Tabla 3** (bovinos) y **Tabla 4** (ovinos). Los datos referentes al caprino son mas limitados en numero y en ocasiones de resultados mas variables.

El bolo electrónico demostró su superioridad (Caja et al., 1999) frente a los inyectables (Caja et al., 1998b; Conill et al., 2000, 2002) y crotales electrónicos (Caja et al., 1998b), con una elevada permanencia en el animal (>99%), localización mayoritaria en el retículo (en el lado izquierdo del animal junto al corazón, >90%), ausencia de fallos y roturas (<0.01%), grandes dificultades de alteración o fraude (no posible con métodos convencionales), gran facilidad de administración (puede ser aplicado por los propios ganaderos) y de recuperación en matadero (compatible con la velocidad de las líneas de sacrificio de rumiantes), así como inocuidad y seguridad de uso para el animal y el hombre (biocompatible y fácilmente eliminable).

No se han observado efectos negativos de la presencia del bolo sobre la salud y rendimientos productivos de los animales, así como tampoco en la ingestión y digestibilidad de los alimentos (Caja et al., 1999; Conill, 2000; Garín, 2002).

El principal problema pendiente en la IDE de los rumiantes es la aplicación de bolos a animales de reducido tamaño, por lo que no resulta todavía posible la identificación de corderos y cabritos desde el nacimiento en la mayoría de los casos, necesitándose la utilización de un sistema de marcado temporal en las primeras edades (crotales de pequeño tamaño). Recientemente, Garín (2002) ha propuesto el empleo de diversos tipos de minibolos para corderos capaces de ser utilizados en las primeras semanas de vida (entre 7-15 kg de peso) y que son posteriormente retenidos en los animales adultos. Los minibolos han demostrado no alterar la integridad de los epitelios ni la funcionalidad de los pre-estómagos de corderos lactantes (Garín et al., 2002). No obstante resulta necesario continuar la duración de los ensayos a fin de asegurar su retención en todo tipo de condiciones y a lo largo de la vida de los animales.

El proyecto IDEA de identificación electrónica de rumiantes

A la vista de los resultados obtenidos en los proyectos anteriores, el FEOGA de la DG Agricultura de la CE y el ISIS (*Institute for Systems Informatics and Safety*) del JRC (*Joint Research Centre*) de Ispra (Italia), prepararon las bases de un proyecto a gran escala con el que evaluar las posibilidades de generalizar el uso de la IDE como un sistema oficial universal de identificación del ganado en toda Europa.

Como resultado de ello, la DG Agricultura convocó en julio de 1996 el llamado Proyecto IDEA (IDEA = Identificación Electrónica Animal), dirigido a los organismos responsables de la ganadería en los Estados Miembros y a organizaciones de Ganaderos, que tuvo por objetivo la identificación a gran escala de animales de las especies bovina, ovina y caprina, por ser las de mayor interés para el control de las primas ganaderas en Europa y en las que existía mayor experiencia de la utilización de la IDE.

El proyecto fue subvencionado por la DG de Agricultura que contribuyó con el 60% de los costes totales del proyecto y contó con la participación de 6 países (Alemania, España, Francia, Holanda, Italia y Portugal), que planearon la identificación de cerca de 1 Millón de animales de 10 razas distintas (y sus cruces), la intervención de mas de 46 Asociaciones de Criadores, cerca de 6000 granjas y 76 Mataderos en el periodo de 1998-2001, tal como han señalado Ribó et al. (2001). Los valores finales de animales y dispositivos de identificación electrónica usados en el proyecto se han resumido en la **Tabla 5**.

Entre las distintas opciones posibles, los participantes optaron mayoritariamente por el empleo de bolos de IDE (70%) y crotales (27%), a fin de evitar la problemática de la recuperación de los inyectables (3%). El coste medio los transpondedores en el Proyecto IDEA fue de 3.7 Euros para los crotales y bolos electrónicos, y 3.5 Euros para los inyectables, lo que sitúa la identificación electrónica a precios competitivos con la identificación convencional si se compara con el doble dispositivo de identificación (dos crotales de plástico homologado) y el empleo de pasaportes y documentos acompañantes, tal como exige la nueva legislación comunitaria para el bovino (Reglamento CEE 1760/02).

Así al comparar el proyecto IDEA realizado con identificación electrónica o convencional, el coste medio por animal controla-

Tabla 6. Dispositivos de identificación electrónica certificados por ISIS en el proyecto IDEA.

Dispositivo	Tecnología			Total
	HDX	FDX	ISO	
Transpondedores:				
Crotales	6	14	20	20
Bolos	11	9	20	20
Inyectables	4	1	5	5
Lectores:				
Portátiles	14	7	13	34
Fijos	7	5	5	17



do resulta mas económico al emplear la identificación electrónica (Caja et al., 1998b).

A efectos de facilitar la utilización de material que cumpliera los estándares de ISO y que además fuera de probada resistencia para su empleo en las condiciones de campo, la Comisión Europea encargó al ISIS la comprobación de todos los dispositivos de identificación y equipos de lectura utilizados en el Proyecto IDEA. Para ello el ISIS preparó unos detallados protocolos de ensayo de transpondedores y transceptores con los que ha evaluado todos los materiales que han sido remitidos a dicho laboratorio hasta la fecha, existiendo una lista detallada de los equipos que han superado las pruebas realizadas en el ISIS de Ispra. En la **Tabla 6** figura una relación de los equipos electrónicos certificados por ISIS y disponibles para su utilización en la práctica.

El **Proyecto IDEA-España**, se realizó bajo la coordinación de la Dirección General de Ganadería del MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). A efectos de soporte técnico, el MAPA contó con la experiencia previa y el asesoramiento del equipo de investigación de identificación electrónica de la UAB.

El dispositivo de identificación elegido en la totalidad de los animales fue el bolo ruminal equipado con un transpondedor HDX de 32 mm, estando la decisión motivada fundamentalmente en su elevada retención, simplicidad de aplicación y recuperación en el matadero, así como en la total ausencia de riesgos para el consumidor de carne de estas especies. Las explotaciones seleccionadas correspondieron mayoritariamente a ganaderías de distintas razas autóctonas españolas, representativas entre las razas de mayor censo, y en condiciones de explotación de tipo extensivo y semi-intensivo, localizadas preferentemente en zonas desfavorecidas de las Comunidades Autónomas (CCAA) de: Aragón, Castilla-León, Castilla-La Mancha, Cataluña, Extremadura, Madrid y Murcia.

Los resultados globales obtenidos en el Proyecto IDEA, recientemente presentados a la DG de Agricultura de la CE y pendientes de la publicación del informe oficial, confirman a gran escala lo anteriormente obtenido a pequeña y media escala, con valores medios (**Tabla 7**) de pérdidas entre 0.16-2.32% en los crotales, 0.29-1.05% en los inyectables y 0.04-0.28% en los bolos. Las pérdidas fueron ligeramente superiores en el bovino que en el ovino, aunque en este último caso debe tenerse en cuenta la

Tabla 7. Resultados generales de la identificación electrónica de rumiantes obtenidos con distintos dispositivos de identificación en el proyecto IDEA (resultados preliminares en un periodo máximo de 28 meses).

Tipo de identificador	Bovino ¹		Ovino ²		Caprino	
	Número	Pérdidas(%)	Número	Pérdidas(%)	Número	Pérdidas(%)
Crotales:						
Tipo 1	131.742	0.25-2.34	92.503	0.16-1.13	-	-
Tipo 2	2.391	0.70-2.77	-	-	-	-
Tipo 3	5.727	0.04-0.60	-	-	-	-
Total	139.860	0.25-2.32	92.503	0.16-1.13	-	-
Inyectables:						
Tipo 1	18.146	0.30-0.71	-	-	-	-
Tipo 2	12.182	0.00-1.52	-	-	-	-
Total	30.328	0.29-1.05	-	-	-	-
Bolos:						
Tipo 1	122.460	0.03-0.22	408.423	0.004-0.28	30.627	0.10-4.03
Tipo 2	22.717	0.31-0.96	350	0	-	-
Tipo 3	13.371	0.33-0.92	-	-	-	-
Total	158.548	0.03-0.28	408.773	0.004-0.28	30.627	0.10-4.03

¹ Incluye 15.000 búfalos de agua con bolos; ² Incluye 50.000 corderos de cebo con crotales.

corta duración del ensayo en corderos. El caso del caprino, en el que solo se dispone de información de bolos presentó valores mas altos y variables que en el resto (0.1-4.03%), contrastando que las pérdidas mas altas se produjeron en las condiciones españolas. Este tema está siendo últimamente estudiado en el marco de un nuevo proyecto de investigación (QLK1-2000-02229).

En todos los países, razas y condiciones de explotaciones, la IDE presentó mejores resultados que la identificación convencional cuando se utilizaron los dispositivos adecuados.

Situación e interés de la IDE en porcino

La identificación electrónica del ganado porcino presenta una situación actual mas limitada y menos desarrollada que en los rumiantes, especialmente por no haber logrado implementar un sistema que satisfaga plenamente las necesidades de los distintos agentes de la cadena porcina. Por este motivo la IDE porcina está actualmente sometida a intensa investigación bajo nuevas orientaciones.

Los principales requisitos que debe cumplir un sistema de IDE mediante transpondedores inyectables en porcino, teniendo en cuenta lo indicado por Merks y Lambooi (1990), son:

- Numeración única y no alterable.
- Registro automático de los códigos de identificación.
- Facilidad de inyección.
- Distancia de lectura superior a 30 cm.
- Funcionamiento garantizado en condiciones prácticas de campo (granja, transporte y sacrificio)
- Pérdidas, roturas y fallos inferiores al 1%

en total.

- Recuperación rápida (< 5 segundos) y segura (100%) en el matadero.

Los problemas más importantes a solucionar en la actualidad consisten en el método y posición óptimos para la inyección de los transpondedores, así como su rápida y eficiente recuperación en el matadero.

Los principales trabajos realizados sobre este tema se presentan han sido discutidos por Caja et al. (2000a) y Conill (1999). En la **Tabla 8** se comparan las principales ventajas e inconvenientes de los distintos lugares de inyección de transpondedores de distintos tamaños en porcino.

La falta de una forma adecuada de aplicación de los transpondedores de tamaño medio (23-32 mm capaces de ser leídos a más de 30cm de distancia) con una eficacia superior al 99% limita actualmente la aplicación de forma generalizada de los sistemas de IDE en ganado porcino. La inyección subcutánea en lechones únicamente presenta resultados satisfactorios al utilizar transpondedores de muy pequeño tamaño (11 mm), lo que presenta el inconveniente de que sólo pueden ser leídos a distancias muy cortas (unos 10 cm), dificulta su recuperación y limita mucho las posibles aplicaciones en la gestión práctica del porcino. Con la finalidad de poder utilizar transpondedores de mayor tamaño para así aumentar la distancia de lectura, la región retroauricular ha sido otra de las posiciones más estudiadas en la práctica de la IDE porcina, pero los resultados obtenidos indican pérdidas muy variables según el tamaño de los transpondedores (Lambooi et al., 1992, 1995). El principal problema que se obser-



va en esta región corporal, además de las roturas que ocurren en el matadero al cortar la cabeza de las canales porcinas, es que, especialmente en cerdos grasos o cerdas de cría, el depósito de tejido graso en el cuello y papada dificulta la localización de los transpondedores en el matadero. Este fenómeno ha sido estudiado ampliamente en España con animales de la Asociación Española de Cerdo Ibérico (AECERIBER), primera entidad en identificar cerdos en Montanera mediante IDE. En estas condiciones, aunque el porcentaje de pérdidas y roturas después de un periodo de engorde próximo a los 2 años es bajo (<5%), la acumulación de tejido adiposo en el cuello y papada de los cerdos ibéricos limita su recuperación en matadero a cifras inferiores al 80%, aconsejando la búsqueda de otras regiones corporales de inyección (Diéguez, 1999; comunicación personal). En consecuencia, ninguna de las localizaciones subcutáneas es recomendada para la inyección a gran escala en condiciones prácticas.

Los crotales electrónicos son una alternativa para la IDE de cerdos en granjas con equipos automáticos de alimentación, aunque sus pérdidas son relativamente semejantes a los crotales convencionales y superiores a los inyectables. Las pérdidas de crotales son muy variables según la edad y especialmente elevadas durante el transporte y sacrificio. Los crotales electrónicos son además seriamente dañados a su paso por las fases de depilado y escaldado en el matadero, limitando su utilidad en la traza-

bilidad.

Recientemente Caja et al. (2000b, 2002) han propuesto un nuevo sistema de inyección intraperitoneal en lechones con resultados satisfactorios y que resultan comparables a los obtenidos con los bolos en los rumiantes (capacidad de lectura >99% y mínimos riesgos de contaminación de la canal). La inyección intraperitoneal del transpondedor permite introducir, de forma permanente y sin ningún tipo de pérdidas ni roturas, transpondedores de tamaño adecuado (23 a 32 mm) en la cavidad abdominal de lechones recién nacidos. La recuperación del transpondedor en el matadero resulta sencilla y rápida, siendo retirado el transpondedor a la vez que se realiza el eviscerado del animal, sin que exista la posibilidad de que quede ningún tipo de residuo en la canal. La recuperación del transpondedor se realiza, cuando resulta necesario, al lavar y procesar el digestivo. La disposición interna del transpondedor lo protege de roturas durante las operaciones de aturdimiento, escaldado y depilado, lo que permite mantener la trazabilidad del cerdo hasta el inicio del faenado de la canal.

Propuesta de un método de trazabilidad para la cadena de la carne

La utilización de la IDE en ganadería, además de permitir identificar de manera permanente y a distancia a los animales con un único número durante toda su vida productiva, debe permitir mejorar la calidad de los productos finales, la reducción de fraudes,

una mejora de las tareas de control en los mataderos, una disminución de costes en la aplicación de medidas en situaciones de crisis epidémicas y una mejora en la economía productiva de las explotaciones.

La implantación de los sistemas de IDE, puede permitir la obtención de datos de manera automática en cada una de los componentes de la cadena de producción, mejorando la trazabilidad del sistema completo. El intercambio de información entre los diferentes eslabones de la cadena, mejorará la calidad y el ajuste a las especificaciones del producto final. Así, la información obtenida junto con la identificación individual de las canales (engrasamiento, conformación, patología, etc...), puede ser remitida a los ganaderos y organizaciones de productores para su aplicación en la mejora de la alimentación, la genética y las condiciones sanitarias.

Otras de las problemáticas actuales que la IDE permitiría solucionar eficazmente es la identificación de los animales en el matadero. El Real Decreto 425/85 que establece el Plan Nacional Coordinado para la erradicación de la PPC y la Orden Ministerial de 14 de diciembre de 1988, establecen con carácter obligatorio la identificación de todo ganado porcino que se traslade cualquiera que sea su destino. Así mismo la Directiva 91/497/CEE señala en su Anexo I, capítulo VI-25 que "...todo animal que vaya a ser sacrificado deberá estar provisto de una marca de identificación que permita a la autoridad competente determinar su origen". En la actualidad la utilización de las marcas de grupo o temporales sólo permite la identificación de un porcentaje insuficiente de animales llegados al matadero.

En este sentido, la IDE puede combinarse a otras tecnologías sofisticadas, como el uso de marcadores genéticos, para conseguir la trazabilidad total del ganado y de sus productos. Este es el objetivo de un nuevo proyecto, recientemente iniciado bajo coordinación del grupo de investigación de la UAB, del Programa de Calidad de Vida de la CE (QLk1-2001-0229: EID+DNA Tracing) que propone un doble sistema de trazabilidad del ganado y de la carne basado en empleo simultáneo de la IDE y de marcadores moleculares genéticos (polimorfismos del DNA).

El sistema de IDE, basado en el empleo de transpondedores ISO de 32 mm y tecnología HDX, aplicados mediante el uso de bolos en rumiantes y por inyección intraperitoneal en porcino, permite la creación de bases de datos digitalizadas de los ani-

Tabla 8. Resultados generales obtenidos en la identificación electrónica de porcinos de diversas edades¹.

Lugar de aplicación	Aplicación en granja	Recuperación en matadero	Pérdidas y roturas	Capacidad de lectura ² (%)	Eficacia de lectura ³ (%)
Crotales:					
Plásticos	Fácil	Fácil	Medias	86-97	-
Electrónicos	Fácil	Fácil	Variables	73-99	-
Inyectables:					
Occipital	Fácil	Difícil	Bajas	>99	-
Frontal	Difícil	Fácil	Bajas	>99	-
Arco ciliar	Difícil	Difícil	Altas	<85	-
Cuello (lateral)	Fácil	Difícil	Altas	<85	-
Intermandibular	Difícil	Fácil	Bajas	>99	-
Metatarso y carpo	Difícil	Difícil	Medias	85-98	-
Interdigital	Difícil	Fácil	Bajas	95-98	-
Axila	Fácil	Difícil	Bajas	93-95	-
Oreja (base)	Fácil	Difícil	Variables	80-99	-
Oreja (aurícula)	Difícil	Fácil	Variables	65-99	-
Intraperitoneal	Fácil	Fácil	Bajas	99-100	100

¹Elaborado a partir de Lambooij y Mercks (1989), Lambooij (1992), Lambooij et al. (1992, 1995), Lammers et al. (1995), Janssens et al. (1996), Stärk et al. (1998), Conill (1999) y Caja et al. (2000ab, 2002). ²Estática (animales inmovilizados), ³Dinámica (animales en movimiento).



8 5 6 4 7 0 7 1 4 6 7 8 6 5 6 4 7 0 7 1 4 6 7 8 6 5 6 4 7 0 7 1 4 6 7 5 6 4 7 0 7 1 4 4 7 1

males y el seguimiento en tiempo real de sus movimientos y variaciones hasta el sacrificio. En el momento de la evisceración, la identidad del animal es transferida de forma automática y a distancia a una nueva etiqueta de alta radiofrecuencia (13.56 MHz), resistente a las condiciones del matadero y almacenamiento de la carne, que es fijada sobre la canal sin alterar la marcha de la línea de matanza. Esta etiqueta de alta frecuencia recibe, además de la identidad del animal, toda la información complementaria sobre la canal (peso, sexo, calidad,...) y las condiciones de sacrificio (matadero, fecha, etc...) que sean consideradas oportunas. A su vez, la etiqueta de alta frecuencia es capaz de ser leída a distancia y generar las etiquetas que sean necesarias (en radiofrecuencia o en código de barras) para la identificación de las piezas de carne durante su comercialización.

La verificación de la identidad de los animales, las canales o sus piezas de carne, puede ser realizada en cualquier momento mediante la utilización de distintos tipos de marcadores moleculares (micro-satélites, chips o SNP del ADN), a precios razonables (3-10 Euros), lo que constituye un adecuado sistema de auditoría para las muestras utilizadas para comprobar el sistema completo de trazabilidad.

La principales etapas del sistema completo de trazabilidad aplicado a la carne se han resumido en la **Tabla 9**.

Según este esquema el animal es identificado con un transpondedor de 32 mm a los pocos días de su nacimiento y una pequeña muestra de sangre (la producida por efecto de la inyección) o pelo (10-20 pelos) es recogida para su posterior identificación por medio del análisis de su ADN.

Todo el proceso productivo siguiente del animal es controlado en tiempo real por medio del correspondiente código único de IDE hasta el momento de su sacrificio. Al sacrificio del animal, dado que resulta imprescindible la recuperación del transpondedor, éste es retirado por medio de la evisceración. Para asegurar la trazabilidad de la canal después de su eviscerado, la etiqueta de alta frecuencia programable (R/W) y de coste reducido (<0.6 Euros), es utilizada para la transferencia automática del código de IDE del animal a cada una de sus medias canales. Esta operación se realiza de forma automática en la misma línea de sacrificio, reduciendo así el riesgo de errores.

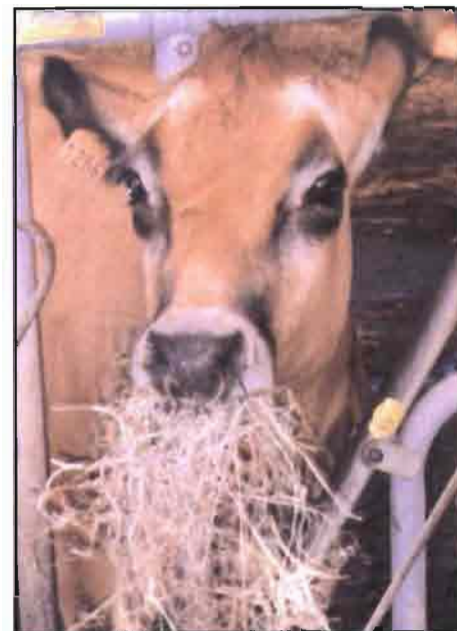
La misma etiqueta es capaz de recoger a distancia, por medio de emisiones de radiofrecuencia, los distintos datos característicos de la canal a medida que son obtenidos

en la línea de sacrificio (peso de la canal, engrasamiento, clasificación de la canal, etc...), produciéndose su bloqueo automático al final del proceso, lo que impedirá que puedan ser posteriormente manipulados. A partir de este momento el transpondedor de la etiqueta se convierte en un dispositivo de sólo lectura (R/O).

La utilización de esta nueva etiqueta de radiofrecuencia, que puede ser leída a distancia de forma automática y generar las correspondientes etiquetas secundarias en código de barras o en caracteres alfanuméricos que sean necesarias, abre una importante vía de comunicaciones para todas las operaciones que puedan derivarse durante el despiece y comercialización de la canal.

El proceso de trazabilidad se completa con la toma de muestras y verificación de la identidad de la pieza o porción deseada por medio de los polimorfismos del ADN.

Un resumen de los objetivos y resultados del proyecto QLk1 pueden ser consultados en la web de libre acceso del proyecto (<http://www.uab.es/tracing/>) que va siendo actualizada periódicamente.



El autor pone a disposición de los lectores interesados la bibliografía utilizada para la elaboración de este artículo en la siguiente dirección de correo electrónica: gerardo.caja@uab.es

Tabla 9. Esquema de las etapas seguidas por el sistema de trazabilidad total propuesto en el proyecto EID+DNA Tracing (QL-2001-0229) para el ganado y la carne.

Item	Etapas de la cadena productiva	Tarea a realizar	Observaciones
Animal	Nacimiento	Marcado convencional Marcado IDE Toma de muestra ADN (1) Alta en Base Datos	Conservación de muestra en origen (temp. ambiente)
	Movimiento salida (granja, mercado, matadero)	Lectura IDE Registro en BD Comunicación a BD central	Consulta de BD a tiempo real
	Movimiento llegada (granja, mercado, matadero)	Lectura IDE Consulta a BD Registro en BD	Autorización de sacrificio
	Línea matanza (eviscerado)	Lectura IDE Registro en BD Transferencia IDE a etiqueta Retirada bolo o inyectable	
Canal	Línea matanza (fuenado)	Colocación etiqueta IDE Grabado nueva información Registro en BD	
	Sala de despiece	Lectura IDE Transferencia IDE a nuevas etiquetas (código barras,...)	Comunicación de datos a origen
Carne	Comercialización y consumo	Lectura de identificación Toma de muestra ADN (2) Envío a laboratorio	
	Auditoría	Recepción de muestra (2) Reclamación muestra a origen (1) Análisis ADN (1 y 2) Comparación de muestras Emisión de dictamen	Organización de control y laboratorio reconocidos