

## Sección E

# Los recursos zoogenéticos y la resistencia ante enfermedades

## 1 Introducción

Las enfermedades del ganado afectan negativamente a la producción animal en todo el mundo. Los ganaderos y otras partes interesadas en la promoción de la sanidad animal pueden utilizar diversos métodos para reducir estos efectos negativos. Entre las alternativas que se pueden aplicar en el ámbito de los rebaños, cabe señalar la quimioterapia, la vacunación, el control de los vectores de las enfermedades y la aplicación de métodos de gestión adecuados. No obstante, a menudo se presentan obstáculos que menoscaban la sostenibilidad de dichas estrategias de lucha contra las enfermedades. Entre dichos obstáculos, cabe destacar las repercusiones medioambientales y las relacionadas con la inocuidad de los alimentos que tienen los tratamientos químicos; el acceso a los tratamientos y su asequibilidad para los ganaderos más pobres; la evolución de la resistencia de los parásitos a los tratamientos aplicados. Como ejemplos de este último problema se pueden mencionar la resistencia generalizada de los parásitos nematodos a los medicamentos antihelmínticos; la resistencia de las bacterias a los antibióticos; la resistencia a medicamentos antiprotozoarios, como los que se utilizan para tratar la tripanosomiasis; la evolución de la resistencia de los virus a las vacunas para enfermedades como la parálisis de Marek; la resistencia de las garrapatas a los acaricidas. En el caso de los antibióticos, también existen preocupaciones por los residuos que dejan en la cadena alimentaria y por las repercusiones que tiene para la salud humana la aparición de microorganismos resistentes a ellos (BOA, 1999).

En lo que respecta a muchas enfermedades del ganado, se ha demostrado que se ha producido una variación genética compatible con los animales huéspedes. Se debe distinguir entre dos fenómenos diferentes relacionados con la gestión genética de las enfermedades. Por una parte, la «resistencia» hace referencia a la capacidad del huésped de resistir a la infección. Por otra parte, la «tolerancia» es la situación en la que el huésped está infectado por el patógeno pero padece pocos efectos adversos. Esta distinción puede revestir importancia. Por ejemplo, en los casos en los que el objetivo es prevenir la extensión de la enfermedad a otras poblaciones (como ocurre con las enfermedades zoonóticas), es más importante la resistencia que la tolerancia a la enfermedad.

La gestión de los recursos genéticos con la finalidad de reforzar la resistencia o la tolerancia encontradas en las poblaciones ganaderas representa una herramienta adicional de lucha contra las enfermedades. Se han reconocido las ventajas de la incorporación de elementos genéticos a las estrategias de lucha contra las enfermedades (FAO, 1999), por ejemplo:

- la permanencia del cambio genético una vez que se establece;
- la consistencia del efecto;
- el hecho de que no sea necesario adquirir insumos una vez que se establece el efecto;
- la prolongación de la eficacia de otros métodos, ya que hay menos presión que favorezca la aparición de resistencia;
- la posibilidad de que se produzcan efectos de espectro amplio (incremento de la

## PARTE 1

## CUADRO 31

Algunos estudios en los que se indica la diferencia entre razas en lo relacionado con la resistencia o la tolerancia a enfermedades específicas

Enfermedad/ parásito	Raza que muestra mayor resistencia	Término de comparación de la resistencia (raza)	Condiciones del experimento	Resultados	Referencia
<i>Trypanosoma congolense</i>	Ovejas Djallonke	Cruce Djallonke × Sahelian	Infección artificial	Nivel más bajo de parasitemia, período prepatente más prolongado y mayor respuesta de anticuerpos que las razas cruzadas, aunque estas últimas tenían más peso y crecían más rápidamente	Goosens et al. (1999)
Garrapatas ( <i>Amblyomma variegatum</i> ; <i>Hyalomma spp.</i> )	Bovinos N'Dama	N'Dama × Cebú	Condiciones de campo en Gambia	Menos garrapatas	Mattioli et al. (1993)
Garrapatas (varias especies)	Bovinos N'Dama	Cebú	Rebaños de aldeas en Gambia	Menos garrapatas	Claxton y Leperre (1991)
<i>Theileria annulata</i>	Bovinos Sahiwal	Holstein-frisona	Infección artificial	Síntomas clínicos menos graves	Glass et al. (2005)
<i>Anaplasma marginale</i> ; garrapatas (varias especies)	Bovinos N'Dama	Cebú gobra	Condiciones de campo en Gambia	Menor prevalencia serológica de <i>A. marginale</i> ; menos garrapatas	Mattioli et al. (1995)
<i>Haemonchus contortus</i>	Bovinos N'Dama	Cebú	Rebaños de aldeas en Gambia	Menos gusanos en el abomaso, menor FEC*	Claxton y Leperre (1991)
<i>Haemonchus contortus</i>	Ovejas Red Maasai	Dorper	Corderos criados en condiciones de campo en la zona costera subhúmeda de Kenya	Los corderos mostraban un FEC* menor de <i>H. contortus</i> , mayor hematocrito, mortalidad inferior a los ovinos Dorper. Se estima que son entre 2 y 3 veces más productivos que los ovinos Dorper en estas condiciones.	Baker (1998)
<i>Haemonchus contortus</i>	Cabra pequeña del África oriental	Galla		Los cabritos mostraban un FEC* menor de <i>H. contortus</i> , mayor hematocrito, mortalidad inferior a los cabritos Galla. Se estima que son entre 2 y 3 veces más productivos que las cabras Galla en estas condiciones.	Baker (1998)
<i>Haemonchus contortus</i>	Ovejas Santa Inés	Île-de-France, Suffolk	Las ovejas pastaban en pastizales del estado de São Paulo, en el sudeste de Brasil	Menor FEC*, mayor hematocrito, menor conteo de gusanos	Amarante et al. (2004)
<i>Fasciola gigantica</i>	Oveja indonesia de cola fina	Merina	Infección artificial	Menor número de distomas hepáticos; diferencias en la respuesta inmunitaria	Hansen et al. (1999)
<i>Fasciola gigantica</i>	Oveja indonesia de cola fina	St. Croix	Infección artificial	Menos parásitos recuperados del hígado	Roberts et al. (1997)
<i>Sarcocystis miescheriana</i>	Cerdos Meishan	Piértrain	Infección artificial	Afección menos grave según los indicadores clínicos, serológicos, hematológicos y parasitológicos	Reiner et al. (2002)
<i>Ascaridia galli</i>	Gallinas Lohman Brown	Raza original danesa	Infección artificial	Menor carga de gusanos y excreción de huevos	Permin y Ranvig (2001)
Podredumbre del pie	Oveja de raza cruzada frisona oriental × Awassi	Awassi de pura raza	Brote natural en Israel	Menor prevalencia	Shimshony (1989)
Podredumbre del pie	Ovejas Romney Marsh, Dorset Horn, Border Leicester	Merina peppin, merina sajona	Transmisión natural en pastizales de regadío en Australia	Lesiones menos graves, recuperación más rápida	Emery et al. (1984)
Virus de la enfermedad de Newcastle, bursitis infecciosa aviar	Gallinas Mandarrah	Gimmazah, Sinah, Dandrawi (razas nativas egipcias)	Infección artificial	Menor mortalidad que las otras razas	Hassan et al. (2004)

\* FEC = conteo de huevos en las heces.

- resistencia a más de una enfermedad);
- la posibilidad de provocar menos efectos en la evolución de los macroparásitos, como los helmintos, en comparación con otras estrategias, como la quimioterapia o la vacunación;
- el incremento de la diversidad de estrategias de gestión de enfermedades.

Se pueden aplicar diversos enfoques de la gestión genética de las enfermedades, en función de la naturaleza del problema y los recursos disponibles. Entre las estrategias, se podría aplicar la selección de la raza adecuada al medio de producción; el cruce para introducir genes en razas que están bien adaptadas a efectos de los fines pertinentes; la selección para fines de cría de individuos con alto grado de resistencia o tolerancia a la enfermedad. Este último enfoque puede ser más sencillo si se han identificado previamente los marcadores genéticos moleculares asociados a los rasgos deseados.

El punto de inicio de todas estas estrategias es la diversidad genética de las poblaciones ganaderas. Si se erosionan los recursos genéticos, se podrían

perder medios potencialmente importantes para luchar contra las enfermedades. Además, existen datos obtenidos en estudios de simulación que indican que las poblaciones diversas en cuanto al número de genotipos distintos que confieren resistencia a enfermedades son menos susceptibles ante las epidemias de enfermedades catastróficas (Springbett *et al.*, 2003). El mantenimiento de la diversidad, en términos de resistencia basada en los genes, representa un recurso importante para combatir los efectos de la posible evolución futura de los patógenos.

## 2 Razas resistentes y tolerantes a enfermedades

Existen muchos datos testimoniales que apuntan a la mayor resistencia ante enfermedades de las razas de ganado indígenas de medios en los que deben hacer frente a muchas enfermedades. Cuando los países incorporan los datos de sus razas de ganado en el sistema DAD-IS de la FAO, pueden indicar si las razas poseen características

### CUADRO 32

Razas de mamíferos resistentes o tolerantes a enfermedades o parásitos específicos, según lo notificado a DAD-IS

Enfermedad	Búfalo	Bovino	Cabra	Oveja	Cerdo	Caballo	Ciervo
Tripanosomiasis		17	4	4			
Infestación/carga de garrapatas	1	17		1			1
Enfermedades transmitidas por garrapatas (sin especificar)		4					
Anaplasmosis		2					
Piroplasmosis/Babesiosis		4				1	
Hidropericarditis/Cowdriosis		1		1			
Parásitos/gusanos internos	1	2	1	9	1	2	1
Fascioliasis	2			1			
Leucosis bovina		9					
Podredumbre del pie ( <i>Bacteroides nodulosus</i> )		1		14			
Total*	4	59	6	33	3	5	2

\* Número total de entradas relacionadas con la resistencia a enfermedades (se ha notificado que algunas razas muestran resistencia a más de una enfermedad).

## PARTE 1

especialmente importantes o valiosas, por ejemplo resistencia a enfermedades. En la mayor parte de los casos, las propiedades declaradas en relación con ciertas razas no han sido investigadas científicamente. No obstante, para muchas de las enfermedades en cuestión existen pruebas en la literatura científica de las diferentes resistencia o tolerancia a las enfermedades de diferentes razas de ganado (véanse ejemplos en el Cuadro 31). A continuación se destaca la información disponible en DAD-IS sobre la resistencia o la tolerancia de razas particulares; se presta especial atención a las enfermedades para las que existen datos científicos que indican que la susceptibilidad ante ellas tiene un componente genético. En el Cuadro 32 se presenta una visión general de las entradas de DAD-IS que informan de resistencia a enfermedades en razas de mamíferos. En los Cuadros 33 a 39 se enumeran las razas de las que se ha informado que son resistentes o tolerantes a enfermedades o tipos de enfermedades específicos.

**CUADRO 33**

Razas que muestran resistencia o tolerancia a la tripanosomiasis, según lo notificado a DAD-IS

Especie/ Subregión	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
<b>Bovinos</b>		
África del norte y occidental	15	N'dama (20), Baoulé (4), Laguna (Lagune) (6), Bourgou (2), Muturu (2), Dahomey (Daomé) (2), Somba, Namchi, Kapsiki, Kuri, Toupouri, Shorthorn de Ghana, Keteku, Somba
África oriental	2	Sheko, Jiddu
<b>Ovejas</b>		
África del norte y occidental	4	Vogan (2), enana de África occidental (4), Djallonké (10), Kirdimi
<b>Cabras</b>		
África del norte y occidental	4	Enana de África occidental (16), Djallonké (2), Kirdimi, Diougy

Las cifras entre paréntesis indican el número de países que notifican esta raza, en caso de que sean más de uno. Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.

**2.1 Tripanosomiasis**

La tripanosomiasis transmitida por las moscas tsetse es uno de los problemas de sanidad animal más importantes que se dan en África, principalmente en África occidental y central y en algunas partes de África oriental. Otros tipos de tripanosomiasis constituyen problemas considerables en África y en otras regiones. La resistencia a parásitos asociada con las estrategias de lucha basadas en medicamentos tripanocidas y los problemas de sostenibilidad que se dan durante la aplicación de los programas de lucha contra la mosca tsetse han suscitado interés por la utilización de métodos de lucha integrada, por ejemplo las razas de ganado tolerantes a enfermedades (FAO, 2005). Entre las razas más tripanotolerantes cabe destacar a los bovinos N'Dama y Shorthorn de África occidental y las ovejas y cabras Djallonké. A pesar de su menor tamaño, los estudios han demostrado que estas razas son más productivas que los animales susceptibles en contextos de riesgo entre moderado y elevado por mosca tsetse (Agyemang *et al.*, 1997). En el Cuadro 33 se muestran las razas resistentes o tolerantes a la tripanosomiasis, según lo notificado en DAD-IS.

**2.2 Garrapatas y enfermedades transmitidas por garrapatas**

Las garrapatas son un problema extendido para los productores de ganado, especialmente en los trópicos. Las garrapatas debilitan a los animales debido a la extracción de sangre, provocan parálisis debido a la inyección de las toxinas secretadas en su saliva, causan heridas en la piel y facilitan la aparición de infecciones secundarias. Además, también extienden una serie de enfermedades graves, como la anaplasmosis, la babesiosis, la theileriosis y la hidropericarditis (cowdriosis). La presencia de especies específicas de garrapatas varía según las condiciones agroecológicas; la extensión de algunas de ellas es más amplia que la de otras. La resistencia y la tolerancia a las garrapatas y, en menor grado, a las enfermedades transmitidas por garrapatas,

**CUADRO 34**

Razas que muestran resistencia o tolerancia a la carga de garrapatas, según lo notificado a DAD-IS

Especie/Subregión	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
<b>Bovinos</b>		
África austral	8	Nguni (2), Angoni, Sul Do Save, Pedi, Bonsmara, Shangaan, Kashibi, Tswana
Asia sudoriental	4	Pesisir, lemosina, cebú javanés, tailandés
Europa y el Cáucaso	1	Cebú de Azerbaiyán
América del Sur	1	Romosinuano
Pacífico sudoccidental	3	Frisona sahiwal de Australia, cebú lechero australiano, Sahiwal australiana
<b>Ovejas</b>		
África austral	2	Nguni (3), Landim
<b>Búfalos</b>		
Asia sudoriental	1	Tailandés
<b>Ciervos</b>		
Asia sudoriental	1	Sambar

Las cifras entre paréntesis indican el número de países que notifican esta raza, en caso de que sean más de uno. Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.

**CUADRO 35**

Razas que muestran resistencia o tolerancia a enfermedades transmitidas por garrapatas, según lo notificado a DAD-IS

Especie/Subregión	Enfermedad	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
<b>Bovinos</b>			
África del norte y occidental	Enfermedades transmitidas por garrapatas (sin especificar)	2	Baoulé, Shorthorn de Ghana
África austral	Enfermedades transmitidas por garrapatas (sin especificar)	1	Angoni (2)
Europa y el Cáucaso	Anaplasmosis	2	Cinisara, Modicana
África del norte y occidental	Piroplasmosis	2	N'dama, Noire Pie de Meknès
Europa y el Cáucaso	Piroplasmosis	1	Modicana
Europa y el Cáucaso*	Hidropericarditis (Cowdriosis)	1	Criolla (también dermatofilosis)
<b>Ovejas</b>			
África austral	Hidropericarditis (Cowdriosis)	1	Damara (2)
<b>Caballos</b>			
Europa y el Cáucaso	Piroplasmosis	1	Pottok

Las cifras entre paréntesis indican el número de países que notifican esta raza, en caso de que sean más de uno. Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.  
\* Guadalupe, Martinica.

## PARTE 1

## CUADRO 36

Razas que muestran resistencia o tolerancia a los parásitos/gusanos internos, según lo notificado a DAD-IS

Especie/Subregión	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
<b>Bovinos</b>		
África austral	1	Cebú de Madagascar
Asia sudoriental	1	Cebú de Java
<b>Cabras</b>		
Cercano y Medio Oriente	1	Cabra Yei
<b>Ovejas</b>		
África austral	2	Madagascar, Kumumawa
Asia sudoriental	3	Garut, Malin, Priangan
Europa y el Cáucaso	1*	Churra Iebrijana (fascioliasis)
América Latina y el Caribe	3	Criolla (8), Criolla mora, Morada nova
Cercano y Medio Oriente	1	Rahmani
<b>Búfalos</b>		
Asia sudoriental	3*	Búfalo de Papua Nueva Guinea, Kerbau-Kalang (fascioliasis), Kerbau Indonesia (fascioliasis)
<b>Cerdos</b>		
Asia sudoriental	1	China meridional
<b>Ciervos</b>		
Asia sudoriental	1	Sambar
<b>Caballos</b>		
Asia sudoriental	2	Kuda Padi, Bajau

Las cifras entre paréntesis indican el número de países que notifican esta raza, en caso de que sean más de uno.

Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.

\* En las cifras se incluyen las razas resistentes a la fascioliasis, según lo notificado.

está bien documentada. Por ejemplo, en varios estudios se indica que los bovinos N'Dama muestran una resistencia mayor a las garrapatas que los cebús (Claxton y Leperre 1991; Mattioli *et al.*, 1993; Mattioli *et al.*, 1995). Se proporciona otro ejemplo en un estudio realizado en Australia en el que se determinó que los bovinos *Bos indicus* de raza pura eran menos susceptibles a la babesiosis que los animales cruzados *Bos indicus* × *Bos taurus* (Bock *et al.*, 1999). En el caso de la theileriosis causada por *Theileria annulata*, se concluyó que los terneros sahiwal, una raza indígena de India,

se veían afectados menos negativamente por la infección que los terneros Holstein-frisona (Glass *et al.*, 2005). En los cuadros 34 y 35 se muestran las razas que, según lo notificado a DAD-IS, muestran resistencia o tolerancia a las garrapatas y las enfermedades transmitidas por garrapatas, respectivamente.

### 2.3 Parásitos internos

Se ha reconocido que la helmintiasis es una de las enfermedades de los animales más graves que afectan a los ganaderos (Perry *et al.*, 2002).

La resistencia y la tolerancia a *Haemonchus contortus*, un gusano nematodo ubicuo que infesta los estómagos de los rumiantes, han sido objeto de muchos estudios (véanse ejemplos en el Cuadro 31). La raza de ovejas Red Maasai, por ejemplo, es destacable por su resistencia ante los gusanos gastrointestinales. En un estudio realizado en condiciones de campo en zonas costeras subhúmedas de Kenya se determinó que las ovejas de raza Red Maasai mostraban un conteo de huevos de *Haemonchus contortus* en las heces (FEC) muy bajo y una mortalidad menor que las ovejas Dorper (otra raza que cría de manera generalizada en Kenya). Se estimaba que los rebaños de ovejas Red Maasai eran entre dos y tres veces más productivos de los de ovejas Dorper en estas condiciones subhúmedas favorables a los parásitos (Baker, 1998). Del mismo modo, se determinó mayor resistencia y productividad en

#### CUADRO 37

Razas que muestran resistencia o tolerancia a la podredumbre del pie, según lo notificado a DAD-IS

Especies/regiones	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
<b>Bovinos</b>		
Europa y el Cáucaso	1	Sayaguesa
<b>Ovejas</b>		
África del norte y occidental	1	Beni Ahsen
Asia oriental	2	Han de cola larga, Han de cola corta
Europa y el Cáucaso	10	Kamieniecka, Leine, Swiniarka, Polskie Owce Długowelniste, Churra Lebrjana, Lacha, Bündner Oberländerschef, Engadiner Fuchsschef, Rauhwolliges Pommersches Landschef, Soay
Pacífico sudoccidental	1	Broomfield Corriedale

Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.

#### CUADRO 38

Razas que muestran resistencia o tolerancia a la leucosis bovina, según lo notificado a DAD-IS

Subregión	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
Asia central	1	Bestuzhevskaya
Europa y el Cáucaso	7	Krásnaya gorbatovskaya, Istobenskaya, Kholmogorskaya, Suksunskaya skot, Yakutskii Skot, Yaroslavskaya, Yurinskaya, Sura de stepa

Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.

las cabras pequeñas del África oriental que en las de raza Galla en las mismas condiciones (*ibíd.*). También existen datos científicos indicativos de la resistencia y la tolerancia al distoma hepático *Fasciola gigantica*, un parásito generalizado. Por ejemplo, se ha determinado que las ovejas indonesias de cola fina tienen mayor resistencia que las ovejas de raza St. Croix y Merina (Roberts *et al.*, 1997). Se ha notificado a DAD-IS que una raza de ovejas y dos de búfalos tienen cierta resistencia o tolerancia a la fascioliasis (véase el Cuadro 36).

## 2.4 Podredumbre del pie

La podredumbre del pie es una enfermedad bacteriana de los animales de pezuña que causa cojera grave. Se trata de un grave problema económico, especialmente para los criadores de ovejas. Se produce más a menudo en las zonas templadas. Existen datos que indican que algunas razas son más resistentes a la podredumbre del pie que otras. En un estudio realizado en Australia se puso de manifiesto que, cuando se las exponía a la infección natural en pastizales de regadío, las razas británicas Romney Marsh, Dorset Horn y Border Leicester mostraban una susceptibilidad menor a la podredumbre del pie (por la benignidad de las lesiones y la curación más rápida) que las razas merina peppin y merina sajona (Emery *et al.*, 1984).

## PARTE 1

## CUADRO 39

Razas que muestran resistencia o tolerancia a enfermedades de las aves, según lo notificado a DAD-IS

Especie/Subregión	Enfermedad	Número de razas	Nombre más habitual de la raza
<b>Gallinas</b>			
África del norte y occidental	Enfermedad de Newcastle	1	Gallina De Benna
África austral	Enfermedad de Newcastle	1	Nkhuku
Asia sudoriental	Enfermedad de Newcastle	1	Red Jungle Fowl
América central	Enfermedad de Newcastle	1	Gallina criolla o de rancho
Asia sudoriental	Enfermedad de Marek	1	Ayam Kampong
Europa y el Cáucaso	Enfermedad de Marek	4	Borky 117, Scots Dumpy, Hrvatica, Bohemian Fowl
<b>Patos (domésticos)</b>			
África del norte y occidental	Enfermedad de Newcastle	2	Pato local de Moulkou y Bongor, pato local de Gredaya y Massakory
<b>Pintadas</b>			
África del norte y occidental	Enfermedad de Newcastle	2	Numida Meleagris Galeata Pallas, Djaoulés
<b>Patos mudos</b>			
África del norte y occidental	Enfermedad de Newcastle	1	Pato mudo local de Karal y Massakory
<b>Pavos</b>			
África del norte y occidental	Enfermedad de Newcastle	1	Beldi marroquí

Obsérvese que podría haber otras razas para las que existan pruebas de resistencia o tolerancia a enfermedades pero no notificadas a DAD-IS.

Igualmente, Shimshony (1989) informó de que las ovejas cruzadas frisona oriental × Awassi mostraron una menor prevalencia de la enfermedad que las Awassi de raza pura durante un brote de la enfermedad que se produjo en Israel. Parece ser que las razas originarias de zonas más húmedas en las que la enfermedad es más común son menos susceptibles. En el Cuadro 37 se muestran las razas que muestran resistencia o tolerancia a la podredumbre del pie, según lo notificado a DAD-IS.

## 2.5 Leucosis bovina

La leucosis bovina es una enfermedad transmitida por la sangre, causada por el virus

de la leucosis bovina. Esta enfermedad causa pérdidas económicas considerables debido a las restricciones comerciales, la mortalidad y la pérdida de producción, así como al decomiso de canales en el matadero. Parece existir un componente genético que favorece la susceptibilidad ante la enfermedad. En Petukhov *et al.* (2002), por ejemplo, se informó de diferencias entre razas, familias y crías de bovinos en lo que respecta a la frecuencia de la infección por el virus de la leucosis bovina entre el ganado bovino de Siberia occidental. En el Cuadro 38 se muestran las razas resistentes o tolerantes a la leucosis bovina, según lo notificado en DAD-IS.



## Recuadro 14

### Resistencia genética a la peste porcina africana

La peste porcina africana (PPA) representa una amenaza grave para el sector porcino mundial. La PPA es una enfermedad muy contagiosa que causa rápidamente la muerte de los cerdos domésticos por hemorragia. No existe ninguna vacuna eficaz y las únicas estrategias eficaces para luchar contra la enfermedad son la reglamentación estricta del desplazamiento de los animales y sus productos; así como la rápida identificación, el sacrificio y la eliminación de los animales infectados. Hacen falta urgentemente métodos alternativos para luchar contra esta enfermedad.

A diferencia de la grave enfermedad que se observa en los cerdos domésticos, la infección por el virus de la peste porcina africana (VPPA) no causa efectos clínicos en las especies de cerdos salvajes nativos africanos *Phacochoerus africanus* y *Potamochoerus* spp. Esta resistencia genética natural específica de la especie es valiosa para estudiar los mecanismos moleculares integrales de la patogénesis de esta enfermedad.

Se ha intentado crear resistencia genética al VPPA cruzando cerdos domésticos con especies resistentes. A pesar de los datos testimoniales que sugieren que podría tener resultados positivos, el cruce ha tenido poco éxito. También sería posible crear resistencia al VPPA seleccionando cerdos domésticos que hayan sobrevivido al VPPA de manera natural. Entre el 5 % y el 10 % de los cerdos domésticos sobreviven a la infección por el VPPA. Desgraciadamente, los supervivientes suelen morir por las medidas de erradicación que se aplican tras los brotes. Este enfoque permitiría estudiar la naturaleza de la resistencia genética y podría proporcionar animales fundadores para las familias de pocos recursos que se podrían utilizar para confirmar y cuantificar la variación genética de la resistencia o la tolerancia al VPPA y para identificar los marcadores genéticos asociados y loci de rasgos cuantitativos (QTL).

Mediante estudios moleculares y basados en la genómica se han identificado dianas celulares fundamentales de las proteínas del VPPA que son esenciales para la replicación de virus o que contribuyen a la evasión de virus de los mecanismos de defensa inmunitaria. El análisis comparativo de secuencias de ADN de estos genes de especies porcinas que presentan diferentes susceptibilidades podría revelar mutaciones (polimorfismo de un solo nucleótido [SNP]) asociadas con la variación genética relacionada con la resistencia. El análisis de transcriptoma de macrófagos infectados por el VPPA utilizando micromatrices proporcionará nuevos genes candidatos regulados de manera diferente durante la infección. Estos genes candidatos se podrían utilizar para el desarrollo de tests de marcadores de ADN para la selección de animales que muestren una menor susceptibilidad a la enfermedad.

La conservación de razas resistentes es esencial para garantizar el avance en materia de resistencia genética al VPPA. Los animales, los tejidos y el ADN son recursos fundamentales para los investigadores.

A pesar de que tal vez fuera posible seleccionar con la finalidad de incrementar la resistencia al VPPA, existen varios factores que se deben estudiar antes de embarcarse en un programa de tales características. Una cuestión a tener en cuenta es que será difícil obtener cerdos resistentes que no puedan ser infectados por el VPPA. Es más probable que los cerdos expresen un fenotipo «tolerante» a los efectos clínicos del VPPA. Aunque los cerdos tolerantes podrían no expresar la enfermedad clínica, podrían infectarse y extender el VPPA en el medio. Así, esos cerdos podrían representar un riesgo para los cerdos susceptibles de la zona o podrían perjudicar las estrategias de lucha.

Fuente: Marnie Mellencamp.

## PARTE 1

**2.6 Enfermedades de las aves de corral**

Brotos de la enfermedad de Newcastle y de Gumboro (una bursitis infecciosa) devastan con frecuencia las gallinas de las aldeas. Ambas enfermedades están presentes en todo el mundo. Se ha informado de brotes de la enfermedad de Newcastle durante todo el último siglo. Durante el siglo XX se produjeron cuatro oleadas panzoóticas. La enfermedad de Gumboro fue descrita por primera vez en 1962 y se ha informado de brotes epidémicos desde la década de 1970.

En un estudio en el que se comparan los efectos de la infección por enfermedad de Newcastle y por el virus de la bursitis infecciosa en cuatro razas de gallinas egipcias se determinó que la gallina Mandarah (una raza desarrollada por cruce que se utiliza para dos fines) mostraba una susceptibilidad menor que otras razas a ambas enfermedades. Ello quedaba demostrado por la menor tasa de mortalidad tras una infección artificial (Hassan *et al.*, 2004). De igual modo, existen datos que indican una resistencia genética ante la enfermedad de Marek. En Lakshmanan *et al.* (1996), por ejemplo, se informó de que en un estudio realizado en gallinas Fayoumi y White Leghorn se había puesto de manifiesto que estas últimas mostraban una mayor resistencia al desarrollo de tumores (véase más adelante un comentario más detallado sobre el mejoramiento para reforzar la resistencia ante la enfermedad de Marek). En el Cuadro 39 se muestran las razas resistentes o tolerantes a enfermedades específicas de las aves de corral, según lo notificado en DAD-IS.

### **3 Oportunidades de selección dentro de una raza para crear resistencia a enfermedades**

El mejoramiento selectivo para aprovechar la variación dentro de raza con la finalidad de reforzar la resistencia a enfermedades representa una estrategia importante para controlar diversas enfermedades. En el caso de las enfermedades endémicas, que están presentes de forma

continuada en los sistemas de producción (p. ej., mastitis, helmintiasis), es posible aplicar una selección basada en la respuesta fenotípica a los desafíos planteados por las enfermedades. En el caso de la mastitis, se pueden utilizar como indicadores fenotípicos de la susceptibilidad el recuento de las células somáticas en la leche (un indicador de la infección bacteriana) o los casos clínicos de la enfermedad. Los valores de estos indicadores en los rebaños lecheros se registran de manera ordinaria y se ha determinado que la variación de los valores se debe en gran medida a un componente genético (Rupp y Boichard, 2003). La existencia de una relación antagonista entre el valor genético de los rasgos de producción y la susceptibilidad a la enfermedad ha fomentado el interés en la selección con fines de refuerzo de la resistencia (*ibid.*). Por lo tanto, en muchos programas de cría de ganado lechero se incluye como objetivo el incremento de la resistencia a la mastitis.

La resistencia de los parásitos a los medicamentos antihelmínticos representa un problema fundamental para el sector ganadero en muchas partes del mundo, especialmente en el caso de la producción de pequeños rumiantes. Cada vez se acepta de manera más amplia que las estrategias de lucha basadas casi exclusivamente en la aplicación frecuente de tratamientos vermífugos son insostenibles debido a la aparición de muchos parásitos resistentes a los medicamentos (Kaplan, 2004). La necesidad de que se encuentren métodos alternativos de lucha queda aún más subrayada por el hecho de que no se haya introducido en el mercado ninguna clase principal de medicamento antihelmíntico en los últimos 25 años y no parece que vayan a aparecer nuevas clases en el futuro inmediato (*ibid.*). Cada vez hay más interés en los programas de manejo integrado de parásitos (MIP), de los que forma parte el mejoramiento para incrementar la resistencia genética. La cría selectiva de ovejas con arreglo al conteo de huevos en las heces (FEC) ha resultado un medio eficaz para reducir la necesidad de aplicar tratamientos antihelmínticos y reducir la contaminación de los pastizales por

huevos de parásitos nematodos (Woolaston, 1992; Morris *et al.*, 2000; Woolaston y Windon, 2001; Bishop *et al.*, 2004).

En relación con las enfermedades epidémicas se deben adoptar enfoques alternativos. Es necesario desarrollar técnicas de selección basadas en alelos marcadores asociados con el refuerzo de la resistencia a las enfermedades (Bishop y Woolliams, 2004). En el caso de la enfermedad de Marek (una enfermedad viral de las gallinas), el uso de vacunas ha hecho aumentar aparentemente la virulencia de la enfermedad. Así, el mejoramiento para reforzar la resistencia a la enfermedad será cada vez más importante en los sistemas de producción de aves de corral. La selección para reforzar la resistencia basada en alelos B específicos en el complejo mayor de histocompatibilidad (CMH) (Bacon, 1987) se ha utilizado durante muchos años como ayuda en la lucha contra la enfermedad de Marek. Más recientemente, los investigadores también han identificado diversos loci de rasgos cuantitativos (QTL) asociados con la resistencia a la enfermedad (Vallejo *et al.*, 1998; Yonash *et al.*, 1999; Cheng, 2005). También se han identificado marcadores de la resistencia a la dermatofilosis en los bovinos (Maillard *et al.*, 2003), la diarrea causada por *E. coli* en los cerdos (Edfors y Wallgren, 2000) y la tembladera de los ovinos (Hunter *et al.*, 1996), entre otras enfermedades.

## 4 Conclusiones

Está claro que hay un motivo sólido para incluir elementos genéticos en las estrategias de lucha contra las enfermedades, especialmente a la luz de los obstáculos existentes a la sostenibilidad de muchos otros métodos. Existen datos bien documentados sobre la variación dentro de una misma raza y entre distintas razas en lo que respecta a la susceptibilidad ante muchas enfermedades importantes y, en muchos casos, este elemento se ha incorporado en los programas de mejoramiento. Sin embargo, la investigación

de la genética de la resistencia y la tolerancia ante enfermedades del ganado es más bien escasa en lo que respecta a las enfermedades, razas y especies que se investigan. Si se extinguen las razas antes de que se identifiquen sus cualidades de resistencia ante las enfermedades, se perderán para siempre recursos genéticos que podrían contribuir en gran medida a la mejora de la sanidad animal y la productividad.

## Referencias

- Agyemang, K., Dwinger, R.H., Little, D.A. y Rowlands, G.J. 1997. *Village N'Dama cattle production in West Africa: six years of research in the Gambia*. Nairobi. International Livestock Research Institute y Banjul, International Trypanotolerance Centre.
- Amarante, A.F.T., Bricarello, P.A., Rocha, R.A. y Gennari, S.M. 2004. Resistance of Santa Ines, Suffolk and Ile de France sheep to naturally acquired gastrointestinal nematode infections. *Veterinary Parasitology*, 120(1-2): 91-106.
- Bacon, L.D. 1987. Influence of the major histocompatibility complex on disease resistance and productivity. *Poultry Science*, 66(5): 802-811.
- Baker, R.L. 1998. Genetic resistance to endoparasites in sheep and goats. A review of genetic resistance to gastrointestinal nematode parasites in sheep and goats in the tropics and evidence for resistance in some sheep and goat breeds in sub-humid coastal Kenya. *Animal Genetic Resources Information*, 24: 13-30.
- Bishop, S.C., Jackson, F., Coop, R.L. y Stear, M.J. 2004. Genetic parameters for resistance to nematode infections in Texel lambs. *Animal Science*, 78(2): 185-194.

## PARTE 1

- Bishop, S.C. y Woolliams, J.A. 2004. Genetic approaches and technologies for improving the sustainability of livestock production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(9): 911–919.
- BOA. 1999. *The use of drugs in food animals: benefits and risks*. Washington DC. Board on Agriculture, National Academies Press.
- Bock, R.E., Kingston, T.G. y de Vos, A.J. 1999. Effect of breed of cattle on transmission rate and innate resistance to infection with *Babesia bovis* and *B. bigemina* transmitted by *Boophilus microplus*. *Australian Veterinary Journal*, 77(7): 461–464.
- Cheng, H.H. 2005 Integrated genomic approaches to understanding resistance to Marek's Disease. En S.J. Lamont, M.F. Rothschild y D.L. Harris, eds. *Proceedings of the third International Symposium on Genetics of Animal Health*, Iowa State University, Ames, Iowa, EE.UU. 13–15 de julio de 2005.
- Claxton, J. y Leperre, P. 1991. Parasite burdens and host susceptibility of Zebu and N'Dama cattle in village herds in the Gambia. *Veterinary Parasitology*, 40(3–4): 293–304.
- Edfors, L.I. y Wallgren, P. 2000. *Escherichia coli* and *Salmonella* diarrhoea in pigs. En R.F.E. Axford, S.C. Bishop, J.B. Owen y F.W. Nicholas, eds. *Breeding for resistance in Farm Animals*, págs. 253–267. Wallingford, Reino Unido. CABI Publishing.
- Emery, D.L., Stewart, D.J. y Clark, B.L. 1984. The susceptibility of five breeds of sheep to foot rot. *Australian Veterinary Journal*, 61(3): 85–88.
- FAO. 1999. *Opportunities for incorporating genetic elements into the management of farm animal diseases: policy issues*, por S. Bishop, M. de Jong y D. Gray. Background Study Paper Number 18. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Roma.
- FAO. 2005. *Trypanotolerant livestock in the context of trypanosomiasis intervention strategies*, por K. Agyemang. PAAT Technical and Scientific Series No. 7. Roma.
- FAOSTAT. (Disponible en <http://faostat.fao.org/>.)
- Glass, E.J., Preston, P.M., Springbett, A., Craigmile, S., Kirvar, E., Wilkie, G. y Brown, C.G.D. 2005. *Bos taurus* and *Bos indicus* (Sahiwal) calves respond differently to infection with *Theileria annulata* and produce markedly different levels of acute phase proteins. *International Journal for Parasitology*, 35(3): 337–347.
- Goosens, B., Osaer, S., Ndao, M., Van Wingham, J. y Geerts, S. 1999. The susceptibility of Djallonké and Djallonké-Sahelian crossbred sheep to *Trypanosoma congolense* and helminth infection under different diet levels. *Veterinary Parasitology*, 85(1): 25–41.
- Hansen, D.S., Clery, D.G., Estuningsih, S.E., Widajanti, S., Partoutomo, S. y Spithill, T.W. 1999. Immune responses in Indonesian thin tailed sheep during primary infection with *Fasciola gigantica*: lack of a species IgG<sub>2</sub> antibody response is associated with increased resistance to infection in Indonesian sheep. *International Journal for Parasitology*, 29(7): 1027–1035.
- Hassan, M.K., Afify, M.A. y Aly, M.M. 2004. Genetic resistance of Egyptian chickens to infectious bursal disease and Newcastle disease. *Tropical Animal Health and Production*, 36(1): 1–9.
- Hunter, N., Foster, J.D., Goldmann, W., Stear, M.J., Hope, J. y Bostock, C. 1996. Natural scrapie in closed flock of Cheviot sheep occurs only in specific PrP genotypes. *Archives of Virology*, 141(5): 809–824.
- Kaplan, R.M. 2004. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends in Parasitology*, 20(10): 477–481.

- Lakshmanan, N., Kaiser, M.G. y Lamont, S.J. 1996. Marek's disease resistance in MHC-congenic lines from Leghorn and Fayoumi breeds. En *Current research on Marek's disease. Proceedings of the 5th International Symposium*, East Lansing, Michigan, 7–11 de septiembre de 1996, págs. 57–62. Kennet Sque, Pennsylvania, EE.UU. American Association of Avian Pathologists.
- Maillard, J.C., Berthier, D., Chantal, I., Thevenon, S., Sidibe, I., Stachurski, F., Belemsaga, D., Razafindraibe, H. y Elsen, J.M. 2003. Selection assisted by a BoLA-DR/DQ haplotype against susceptibility to bovine dermatophilosis. *Genetics Selection Evolution*, 35(Suppl. 1): S193–S200.
- Mattioli, R.C., Bah, M., Faye, J., Kora, S. y Cassama, M. 1993. A comparison of field tick infestation on N'Dama, Zebu and N'Dama x Zebu crossbred cattle. *Veterinary Parasitology*, 47(1–2): 139–148.
- Mattioli, R.C., Bah, M., Kora, S., Cassama, M. y Clifford, D.J. 1995. Susceptibility to different tick genera in Gambian N'Dama and Gobra zebu cattle exposed to naturally occurring tick infection. *Tropical Animal Health and Production*, 27(2): 995–1005.
- Morris, C.A., Vlassoff, A., Bisset, S.A., Baker, R.L., Watson, T.G., West, C.J. y Wheeler, M. 2000. Continued selection of Romney sheep for resistance or susceptibility to nematode infection: estimates of direct and correlated responses. *Animal Science*, 70(1): 17–27.
- Permin, A. y Ranvig, H. 2001. Genetic resistance to *Ascaridia galli* infections in chickens. *Veterinary Parasitology*, 102(2): 101–111.
- Perry, B.D., McDermott, J.J., Randolph, T.F., Sones, K.R. y Thornton, P.K. 2002. *Investing in animal health research to alleviate poverty*. Nairobi. International Livestock Research Institute.
- Petukhov, V.L., Kochnev, N.N., Karyagin, A.D., Korotkevich, O.S., Petukhov, I.V., Marenkov, V.G., Nezavitin, A.G. y Korotkova, G.N. 2002. Genetic resistance to BLV. En *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*. Montpellier, Francia. Session 13, págs. 1–4. Agosto de 2002. Montpellier, Francia. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA).
- Reiner, G., Eckert, J., Peischl, T., Bochert, S., Jäkel, T., Mackenstedt, U., Joachim, A., Dausgschie, A. y Geldermann, H. 2002. Variation in clinical and parasitological traits in Pietran and Meishan pigs infected with *Sarcocystis miescheriana*. *Veterinary Parasitology*, 106(2): 99–113.
- Roberts, J.A., Estuningsih, E., Widjayanti, S., Wiedosari, E., Partoutomo, S. y Spithill, T.W. 1997. Resistance of Indonesian thin tail sheep against *Fasciola gigantica* and *F. hepatica*. *Veterinary Parasitology*, 68(1–2): 69–78.
- Rupp, R. y Boichard, D. 2003. Genetics of resistance to mastitis in dairy cattle. *Veterinary Research*, 34(5): 671–688.
- Shimshony, A. 1989. Footrot in Awassis and the crosses with East Friesian sheep. *New Zealand Veterinary Journal*, 37(1): 44.
- Springbett, A.J., MacKenzie, K., Woolliams, J.A. y Bishop, S.C. 2003. The contribution of genetic diversity to the spread of infectious diseases in livestock populations. *Genetics*, 165(3): 1465–1474.
- Vallejo, R.L., Bacon, L.D., Liu, H.C., Witter, R.L., Groenen, M.A.M., Hillel, J. y Cheng, H.H. 1998. Genetic mapping of quantitative trait loci affecting susceptibility to Marek's disease induced tumours in F2 intercross chickens. *Genetics*, 148(1): 349–360.
- Woolaston, R.R. 1992. Selection of Merino sheep for increased and decreased resistance to *Haemonchus contortus*: peri-parturient effects on faecal egg counts. *International Journal for Parasitology*, 22(7): 947–953.

## PARTE 1

Woolaston, R.R. y Windon, R.G. 2001. Selection of sheep for response to *Trichostrongylus colubriformis* larvae: genetic parameters. *Animal Science*, 73(1): 41–48.

Yonash, N., Bacon, L.D., Witter, R.L. y Cheng, H.H. 1999. High resolution mapping and identification of new quantitative trait loci (QTL) affecting susceptibility to Marek's disease. *Animal Genetics*, 30(2):126–135.